

RECUPERANDO LA CUBIERTA

**Análisis de la Cubierta Plana Como Espacio Habitable y su
Contribución en la Protección Solar del Edificio.**

Aplicación en climas secos semiáridos.

**TESINA PARA LA OBTENCIÓN DEL
MÁSTER EN ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



Luis Roberto Chacón Flores

Tutores:

Dra. Cristina Pardal March

Dra. Helena Coch Roura

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona

Universidad Politécnica de Cataluña

Barcelona 2014

AGRADECIMIENTOS

*A mi familia: la de aquí y la de allá,
por la invaluable ayuda en la
realización de este trabajo.*

*A mis tutores, Cristina y Helena, por
su orientación y aportaciones.*

*Al CONACYT, por la oportunidad y el
apoyo a la investigación.*

Para Sandra y para Jana.

i. RESUMEN

La transformación del espacio arquitectónico se produce a partir de las relaciones entre los usuarios y el medio ambiente, así como por medio de la aplicación de nuevas técnicas y materiales que los especialistas de la construcción desarrollan y aplican sobre el éste. Las modificaciones efectuadas sobre el entorno construido, traen consigo la intencionalidad de mejorar las prestaciones de confort en relación a las actividades desempeñadas. Muchas de estas modificaciones con el tiempo se estandarizan como parte del edificio mismo y como manifestación de la cultura arquitectónica local.

La aplicación de la técnica en relación a las condiciones climáticas, puede resultar tan importante como las modificaciones que los usuarios realizan sobre los espacios para personalizarlos, reclamarlos como suyos y prepararlos para efectuar tanto actividades cotidianas como eventos especiales a su gusto y conveniencia.

La cubierta plana en el clima seco semiárido es un testigo de cómo un espacio en esencia tanto público como privado, reúne las prestaciones necesarias como para ser considerada protagonista del modo de vida contemporáneo, de manera que mientras más uso se le dé a ésta, mejor respuesta térmica tendrá el interior del edificio.

El estudio pretende ofrecer pautas de recuperación de uso de la cubierta plana haciendo referencia las características históricas, culturales y climáticas de aridoamérica, donde tradicionalmente formaba parte de los símbolos culturales arquitectónicos. Debido a que en esta región la incidencia solar es mayor en el plano horizontal que en el resto de orientaciones, el diseño de la cubierta cobra especial importancia en cuanto al desempeño energético del edificio.

Recuperar los elementos que generan la habitabilidad de estos espacios así como las técnicas constructivas más adecuadas al entorno, puede suponer un ahorro energético considerable en comparación al consumo actual, así como contribuir de alguna forma a regenerar lazos de identidad colectiva.

Palabras Clave: Habitabilidad, cubierta Plana, Clima seco semiárido.

ABSTRACT

The transformation of any architectural space is often produced due to the relationships between the users and their environment, as for the employment of new materials and techniques developed by the sector's experts. The intention of those modifications over the built environment is to improve comfort conditions in relation to the performed activities. Some of those modifications become standardized over time as a part of the building itself and the local architectural culture.

The right employment of the building techniques in relation to the climatic conditions might be as important as those modifications made by the users to make the space a part of their own, to give them a personal imprint, so they can realize their daily activities at their own convenience.

The flat roof in dry, semi-arid climates is a standing witness of the way a space, with a public and a private nature at the same time, meets all the requisites to be considered as a key player in contemporary lifestyle, in a way that the more that it is used, the better thermal response the inside of the building will have.

The study will try to give some guidelines to recuperate the utility of the flat roof for Aridamerica's historic, cultural and climatic conditions, where it stood as an architectural symbol. In an environment where solar incidence is higher on roofs than in any other orientation, roof design becomes extraordinarily important for the building's all around energetic performance.

To bring back the elements of habitability and the most adequate building techniques for the mentioned spaces may suppose a more efficient building, in terms of energy performance, as in the way it can contribute to regenerate collective bonds of identity.

Keywords: Habitability, flat roof, Dry semi-arid climate.

ÍNDICE

i.	RESUMEN	01
ii.	INTRODUCCIÓN	05
iii.	HIPÓTESIS	08
iv.	OBJETIVOS	08
v.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	09
vi.	ESTADO DEL ARTE	10
1.	LA CUBIERTA HABITABLE	13
1.1	Definición de Cubierta	13
1.2	Habitabilidad	14
1.3	La Cubierta Habitable	14
1.4	Conclusiones del Capítulo	16
2.	LA HABITABILIDAD DE LA CUBIERTA PLANA	17
2.1	La Relación entre la Habitabilidad y la Forma	17
2.1.1	Las características del entorno	17
2.1.2	Las necesidades de uso	18
2.2	Habitando la Cubierta	18
2.3	Relaciones de Espacio y Uso	19
2.4	Habitabilidad e Identidad	21
2.5	Conclusiones del Capítulo	22
3.	COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA CUBIERTA	23
3.1	Transmisión de Energía	23
3.2	Habitabilidad y Control de la Transmisión de Energía	25
3.3	Conclusiones del Capítulo	26
4.	ESTRATEGIAS Y ELEMENTOS DE CONTROL TÉRMICO	27
4.1	Estrategias de Enfriamiento Pasivo de Edificios	27
4.2	Elementos de Protección Solar	29
4.3	Conclusiones del Capítulo	33
5.	EL CLIMA SECO SEMIÁRIDO	35
5.1	Características del Clima Seco Semiárido	35
5.2	Aridoamérica, arquitectura, clima y cultura	36
5.3	La Ciudad de Chihuahua	39
5.4	Conclusiones del Capítulo	41
6.	CASO DE ESTUDIO: LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	43
6.1	Antecedentes: El INFONAVIT	43
6.2	La Vivienda Tipo	43
6.3	La Colonia Palestina	47
6.4	Conclusiones del Capítulo	49

7. INCORPORACIÓN DE SITUACIONES DE HABITABILIDAD Y DE CONTROL TÉRMICO	51
7.1 Descripción del Análisis	51
7.2 Análisis de elementos de habitabilidad y control térmico	51
7.2.1 Actividad como aislante térmico de naturaleza temporal	51
7.2.2 Elementos sombreadores y disminución de la incidencia solar	53
7.2.3 Espacios de identidad a partir de un generador de habitabilidad	56
7.3 Conclusiones del Capítulo	60
8. CONCLUSIONES	61
8.1 La habitabilidad en la cubierta plana	61
8.2 Las relaciones entre tiempo, espacio, uso y significado	61
8.3 Habitabilidad y desempeño energético	62
8.4 Confirmación de hipótesis	62
8.5 Cumplimiento de objetivos	63
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
9.1 Bibliografía	65
9.2 Bibliografía Electrónica	66
9.3 Citas Bibliográficas	66
9.4 Índice de Gráficas	66
9.5 Índice de Tablas	67
9.6 Índice de Figuras	67
10. ANEXOS	69

ii. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los conjuntos arquitectónicos de las culturas de climas cálidos y secos suelen organizarse por medio de volúmenes compactos, intercalados unos con otros de manera que se hagan sombras entre sí, formando terrazas a partir de la interposición de cubiertas planas, las cuales dependiendo de las necesidades y de las costumbres de cada pueblo, adquieren diferentes tipos de usos y de significado. Las características tanto públicas como privadas de estos espacios, en ocasiones se adaptan mejor que los espacios interiores a ciertas condiciones, a veces climáticas, a veces de tipo socio-cultural, o hasta de carácter religioso a situaciones o usos determinados.

Ejemplos separados en el tiempo y en la geografía, como los jardines colgantes de Babilonia, la arquitectura vernácula del mediterráneo, las kasbas del norte de África, o los conjuntos arquitectónicos de las culturas "Pueblo" en Aridoamérica entre otros, son muestras de arquitectura que al intentar responder a las condicionantes climáticas, tienen como resultado la creación de espacios sorprendentemente similares entre sí; muestra inequívoca de una interpretación correcta de la relación entre forma y función adaptada al medio.



Fig.01. Similitudes entre la Arquitectura del Norte de África y las de las culturas "Pueblo" en Aridoamérica.

Entre estos espacios en común, surgen superficies como las cubiertas, las cuales, al ir adquiriendo mayor utilidad también adquieren un mayor protagonismo. Es natural que como resultado del aumento de uso, se generen nuevos elementos y espacios de conexión que son capaces, tanto de facilitar la accesibilidad ya sea desde el interior de los edificios o desde el exterior, como de ofrecer la posibilidad de evitar el acceso a extraños. De acuerdo a las necesidades y al ingenio local, surgen escaleras transportables, plegables, de interior, ascensores, cajas de escalera, áticos, buhardillas e incluso espacios tan singulares como la altana veneciana.

La conexión entre el espacio interior y la cubierta ayuda a realizar actividades como lavar y secar la ropa, guardar y secar alimentos, cocinar, tener una perspectiva más amplia del exterior, observar y tener la posibilidad de no ser observados, rezar, descansar o dormir; estableciendo una relación interior-exterior, privado-público, en la que estas actividades se desempeñan sin tener la sensación de invadir el espacio público.

Asimismo, este tipo de espacios generalmente tienen una función de apoyo al espacio interior para ayudar a mejorar su desempeño. Chimeneas de ventilación, de humos, iluminación cenital, centro de instalaciones como antenas de telecomunicaciones, aparatos de aire acondicionado, calefacción, gas, paneles solares, etc.

La cubierta plana pasó de ser un recurso habitualmente utilizado en climas secos a ser uno de los símbolos arquitectónicos de vanguardia internacional. En el siglo XX cobró un gran protagonismo dentro del movimiento modernista, al incorporarle nuevos tipos de materiales y al concebir modos de utilización que no habían tenido lugar antes; desde el traslado a casa del jardín perdido en las grandes ciudades, hasta la incorporación de ambientes de ocio como restaurantes, bares, piscinas, o incluso espacios de aparcamiento o circuitos automovilísticos. La cubierta plana se convirtió así en una muestra visible de lo que la tecnología moderna era capaz de conseguir. En un mundo que cada vez estaba más conectado, se estaba generando una nueva percepción de la cubierta plana, en la que se podía adecuar a todo tipo de uso que la imaginación, los deseos y necesidades que los ciudadanos modernos pudieran concebir, generando a su vez, una interrelación con el espacio interior próximo, donde uno y otro pasan a ser partes complementarias de un gran espacio multifuncional.

Como consecuencia de su auge, la cubierta plana se ha visto transformada por una serie de implementaciones que le permiten responder tanto a las demandas técnicas, como de utilidad. El empuje modernista, en su intento de resolver los problemas técnicos principales de esta solución arquitectónica, contribuyó al desarrollo de una serie de materiales, compuestos, elementos y métodos constructivos que tuvieron como resultado la creación de nuevas tipologías de cubierta plana, haciendo necesaria la especialización del personal encargado de la proyección y ejecución de la obra.

La cubierta que anteriormente se componía de materiales homogéneos, con un comportamiento determinado ante las acciones climáticas, evoluciona como una interposición de capas y de materiales, en los que cada uno trata de garantizar ya sea la estanqueidad del cerramiento, la minimización de la transferencia energética, la ventilación del componente estructural, la transitabilidad etc., con lo que se ha dado lugar a una nueva serie de problemas como el comportamiento desigual de cada material frente a los movimientos térmicos.

Técnicamente, la función primordial de la cubierta, es la de servir de envolvente estanca, para proteger el espacio interior del edificio. Cuando la cubierta es plana, asegurar la estanqueidad se torna aún más complicado ya que se vuelve necesario crear dispositivos de evacuación del agua y de contención de la humedad sobrante. Además, al estar siempre expuesta a los agentes atmosféricos, sobre todo a la radiación solar, provoca movimientos térmicos y un cierto grado de deformidad mayor a los de cualquier otro paramento del edificio.

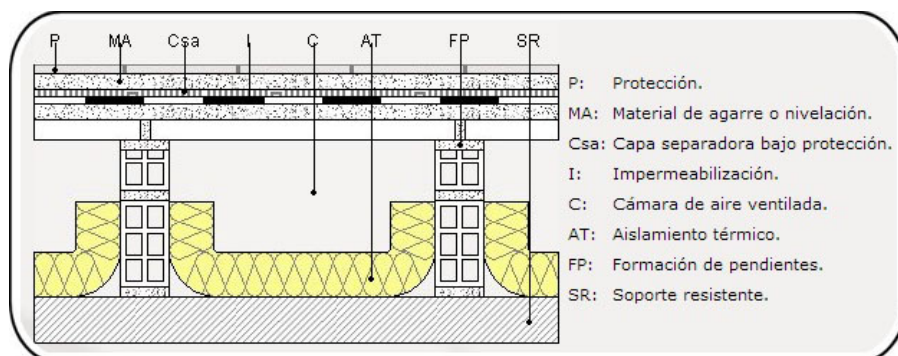


Fig.02. Detalle esquemático de una cubierta ventilada transitable.

«La cubierta plana, la solución más cómoda y dúctil para el diseño de la mayoría de los arquitectos, es prácticamente inevitable en la composición del racionalismo e inestimablemente útil en algunos edificios donde la transitabilidad de la azotea es esencial. A pesar de ello, no se debe olvidar que la cubierta plana tiene más problemas de durabilidad que la inclinada, que su eficacia está en manos de unos colocadores no siempre suficientemente responsables y que en caso de fallo, su detección y reparación es compleja y a veces, imposible» [1].

En gran parte de las ciudades latinoamericanas, el espíritu modernista llegó solo en partes fragmentadas, con lo que la lectura total de sus intenciones quedó reflejada de manera incompleta debido a la falta de tecnología, presupuesto y de una adecuada planeación urbanística. Estos factores, sumados al rápido crecimiento al que se vieron sujetas, tuvieron como consecuencia que las implementaciones arquitectónicas vanguardistas se vieran reflejadas en la mayoría de casos, en simples soluciones de ejecución de obra rápida y barata para poder satisfacer las demandas de volumen a expensas de las de funcionalidad.

Tal es el caso de la ciudad de Chihuahua, la cual desde mediados del siglo XX ha experimentado un crecimiento acelerado que ha tenido como consecuencia una ocupación extensiva del espacio municipal. En los últimos 40 años, la ciudad ha tenido un crecimiento poblacional del 325% y el incremento de su superficie urbana del 680%, pasando de tener una densidad poblacional de 6.735hab/km² a la de 3.215hab/km², o lo que viene siendo que la mancha urbana se ha expandido al doble de la magnitud que su población.

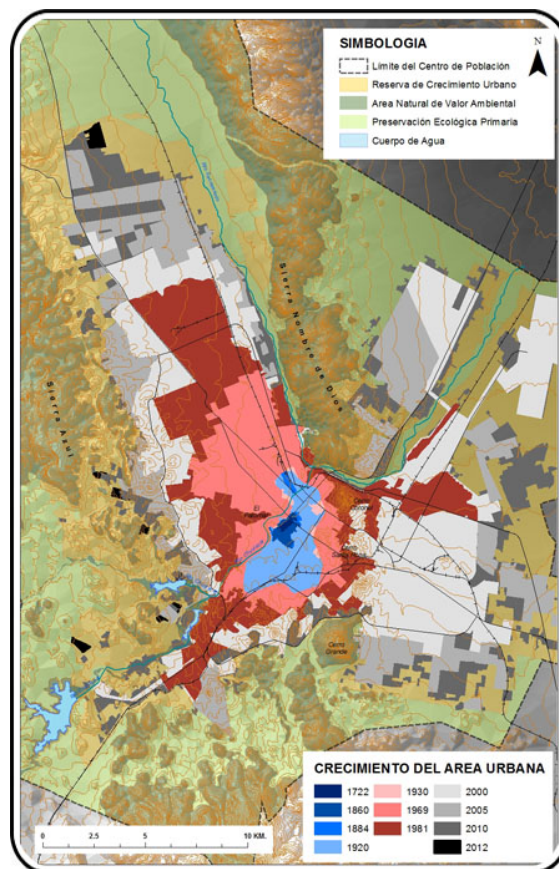


Fig. 03: Expansión del área urbana por periodos históricos.

Este tipo de expansión descontrolada es producto en parte, de la incapacidad de los agentes de planeación urbana de generar estrategias de control del crecimiento territorial, lo que lleva consigo una ocupación dispersa del territorio con una densidad habitacional muy baja. Según datos del censo habitacional, más del 90% de los chihuahuenses viven en núcleos unifamiliares, llegando a contabilizarse alrededor de «280,000 viviendas» [2]; de las que la gran mayoría son de 1 o 2 plantas, por lo que otra característica de esta ciudad dispersa y horizontal es la poca altura de su volumetría.

Una ciudad de estas características, teniendo en cuenta además, su ubicación geográfica y su altitud, debe de otorgar especial importancia al diseño de la cubierta, ya que éste es el cerramiento de mayor superficie y con mayor exposición a la radiación solar directa; lo que significa que a través de esta envolvente se generan más aportaciones térmicas a lo largo del verano hacia el interior de los edificios, que lo que pueden aportar las fachadas en su conjunto.

Resulta paradójico que la utilidad de la cubierta haya desaparecido prácticamente en una ciudad de estas características, ya que las ventajas de su ocupación pueden significar una notable mejora en las condiciones de confort climático tanto puntual como a la hora de retrasar la transmisión de calor. Recuperar los elementos que generan la habitabilidad de estos espacios así como las técnicas constructivas más adecuadas al entorno, puede suponer un ahorro energético considerable en comparación al consumo actual, así como contribuir de alguna forma a regenerar lazos de identidad colectiva.

iii. HIPÓTESIS

Las actividades que se realizan sobre la cubierta, contribuyen de manera significativa a la mejora de las condiciones climáticas del interior de los edificios, ya que consciente o inconscientemente, generan elementos y condiciones propicias para afectar de manera positiva al microclima que incide sobre este cerramiento.

Este tipo de actividades no solo pertenecen al pasado, se van modificando y alterando y tienen cabida tanto dentro del modo de vida actual, como del de las generaciones futuras y son capaces de generar vínculos de identidad colectiva.

iv. OBJETIVOS

El objetivo principal es implantar las bases que constituyan el marco de estudio para el desarrollo de la posterior investigación doctoral. La comprensión de las condiciones climáticas del sitio, así como la constatación de algunas de las características energéticas más importantes existentes en el entorno, serán de gran utilidad para continuar con la investigación doctoral, o para definir un ámbito de estudio relacionado.

También se marca como objetivo, definir estrategias de diseño y en especial de uso para las cubiertas en el clima seco semiárido que contribuyan a reforzar el concepto de identidad colectiva y a la disminución de la demanda de sistemas artificiales de refrigeración con su consecuente ahorro energético.

v. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se ha intentado acotar la investigación a temas factibles de ser estudiados, analizados y ejemplificados. Se ha comprobado que la cantidad de información necesaria para desarrollar los temas es suficiente y accesible tanto desde la red de bibliotecas, como de librerías y a través de artículos fiables de internet.

La consulta y análisis de la información recabada se resume en los siguientes temas:

·CONSTRUCCIÓN:

Análisis de la cubierta plana, evolución, componentes, funcionamiento.
Características de las viviendas de interés social en México.

·ENERGÍA y MEDIO AMBIENTE:

Transferencia de calor a través de los cerramientos.
Elementos pasivos de control térmico.
Habitabilidad y confort ambiental.

·SOCIOLOGÍA:

Relación entre la habitabilidad y la actividad social dentro de diferentes contextos histórico-culturales.

·URBANISMO:

La ciudad de Chihuahua y sus aspectos de crecimiento y densidad poblacional.
El territorio denominado Aridoamérica con sus características geográficas y climáticas.

Consciente de las limitaciones de la propuesta de estudio, se ha hecho un esfuerzo por organizar la información en capítulos temáticos, intentando crear un hilo conductor que avance lógicamente de los conceptos generales a los específicos. La investigación se organiza de la siguiente manera:

- A) Se definen los conceptos y las características de cubierta plana y su habitabilidad.
- B) Se determinan los parámetros de habitabilidad en la cubierta plana a través de las actividades, los elementos y los espacios que se generan en ella.
- C) Se abordan los conceptos de transmisión de energía, su impacto en la arquitectura y en la sensación de confort térmico.
- D) Se analizan los elementos de control térmico que se pueden aplicar como un acto reflejo de la ocupación de la cubierta plana.
- E) Se centra la investigación de los temas anteriores en una zona determinada como lo es Aridoamérica y en concreto la ciudad de Chihuahua.
- F) Se plantea una problemática específica dentro del contexto de actuación como lo es la vivienda de interés social. Se analizan sus características constructivas y sociales.
- G) Por último se realiza un estudio hipotético sobre las diferentes estrategias de aplicación de elementos de habitabilidad en este tipo de viviendas y se analiza su posible impacto térmico tanto en los espacios de aplicación como en el interior de las viviendas.

Para terminar, se recogen las conclusiones resultantes del estudio, en las cuales se contrasta con los objetivos e hipótesis iniciales, además de reconocer las posibles limitaciones de la investigación y las áreas de oportunidad para nuevas vías de estudio.

vi. ESTADO DEL ARTE

Son numerosos los estudios que se han realizado en los que se analizan las relaciones entre la incidencia solar y el comportamiento térmico de la cubierta plana; así como numerosos son los ensayos documentados sobre diferentes propuestas constructivas y sus efectos en cuanto a la disminución de la transmisión energética en forma de calor desde la cubierta hacia el interior de los edificios, llegando a ofrecer diferentes estrategias de diseño, de implementación de materiales, aislantes, reflectantes, entre otros, que contribuyen de manera más o menos efectiva a reducir la temperatura interior y por ende, a reducir la necesidad de recurrir a sistemas auxiliares de acondicionamiento térmico.

Para el clima seco semiárido, se ha demostrado que una solución satisfactoria es la de crear techos de un grosor considerable, a base de varias capas de materiales con diferentes propiedades. Sobreponer capas aislantes, impermeables y de alta reflectancia a una base estructural pesada, provocan que la transferencia de calor al interior se vea disminuida considerablemente; y al llegar la noche, el calor acumulado se vuelve a disipar por el exterior de la cubierta.

En este tipo de climas, estrategias como las cubiertas verdes o la utilización de materiales altamente reflectantes, han demostrado ser muy eficientes a la hora de disminuir la transmisión energética al interior. El inconveniente de las cubiertas verdes generalmente es el alto mantenimiento debido en parte a la escasez de agua que caracteriza a este tipo de climas. En cuanto a los materiales altamente reflectantes también deben de mantenerse en condiciones ya que al disminuir su coeficiente de reflectancia, la temperatura promedio de la cubierta se eleva sustancialmente. Este tipo de soluciones por otra parte, inhiben la utilización de la cubierta como un espacio que pueda ser considerado como una extensión del edificio mismo.

La cubierta plana desde sus inicios ha quedado documentada en numerosas ocasiones. Ramón Graus, en el catálogo “La cubierta plana, un paseo por su historia”, aborda el tema de la diversidad de regiones y situaciones en las que este tipo de cubiertas se realizan desde un punto de vista histórico; separando la arquitectura pre-industrial de la industrializada, haciendo un especial hincapié en la contribución española en el tiempo a la cubierta plana.

Las revistas de arquitectura y detalles constructivos han mostrado un especial interés en las cubiertas planas, como la revista Tectónica que dedica un número completo a la cubierta plana, en la que además de un breve repaso por su historia, se analizan diversos proyectos contemporáneos en los que se hace referencia a las soluciones técnicas y a los materiales empleados. Una crítica al verdadero avance de la cubierta moderna por Joaquín Fernández Madrid, «A pesar de las indudables ventajas que proporciona desde el punto de vista funcional y estético, su uso generalizado va habitualmente acompañado de defectos de ejecución y conservación insuficiente» [3].

En el año 2002, la revista Detail en su versión en castellano, publica un número de cubiertas en el cual hay un artículo relacionado al método constructivo de los tejados de tierra de los indios Pueblo, en el sudoeste de Estados Unidos de América. Este artículo sirve como punto de partida de la relación entre la arquitectura local y su uso como herramienta social de las culturas “Pueblo” en la región denominada como aridoamérica.

Andrés Martínez en su libro “Habitar la cubierta – Dwelling on the roof” hace un extenso recorrido por la historia de la cubierta «como un espacio susceptible de ser vivido» [4], en la que se considera no solo como un aporte arquitectónico, sino también como una referencia histórica y sociológica de la relación del ser humano con el espacio en cuestión.

En cuanto al tema energético del desempeño de la cubierta plana en el clima semiárido seco, Givoni y Olgyay, entre otros, han publicado los resultados de sus estudios sobre los tipos de clima y las tipologías arquitectónicas que mejor se adaptan a sus condicionantes, abordando el tema de la relación entre arquitectura y clima, además de realizar numerosos estudios sobre las características del confort térmico en entornos arquitectónicos, sus posibles actuaciones de corrección y los componentes fisiológicos y psicológicos del confort.

En el ámbito local se han realizado importantes investigaciones sobre la relación entre el ser humano, la arquitectura y el clima, como es el caso de López de Asiain, R. Serra y H. Coch, quienes tratan los principios científicos básicos de lo que representan las energías a la arquitectura; manual que a la vez sirve de referencia básica para la redacción de la tesina.

Sin embargo, una vez hechos a la idea de la gran cantidad de documentación existente sobre las características técnicas de la cubierta plana a través de la historia, de su comportamiento energético, de las relaciones entre el ser humano, el entorno y la arquitectura, así como de las características socioculturales que ciertos espacios como las cubiertas planas pueden aportar a las relaciones individuales, colectivas y de conciencia de grupo, no es fácil encontrar muchos estudios que relacionen la aportación al ahorro energético que las actividades y la consecuente manipulación y adecuación del espacio exterior pueden generar sobre el interior del edificio, por lo que se intentará hacer una aproximación con un carácter sociológico, de la repercusión en el confort térmico de las actividades mencionadas.

1. LA CUBIERTA HABITABLE

Para la realización de este estudio, resulta importante y necesario plantearnos las siguientes preguntas: ¿Qué es la cubierta? y ¿Qué se entiende por habitabilidad?

1.1 Definición de Cubierta

Por lo que corresponde a la cubierta, se hace referencia a ésta a cualquier cerramiento superior y que esté en contacto con el exterior del edificio, cuya función sea la de cubrir o techar una superficie determinada. Ignacio Paricio, la describe como «el elemento más significativo de la construcción y el que reúne mayores dificultades constructivas. Su función primordial, servir de envolvente estanca, para proteger el espacio interior del edificio» [5].

La forma de la cubierta y de su estructura viene determinada por la disposición, superposición y pendiente que exige cada material de cobertura. En un intento de ordenar y catalogar a las cubiertas según su funcionalidad se las ha agrupado en 3 tipologías básicas.

La cubierta plana. La que tiene faldones con pendiente máxima del 8%. Este límite resulta adecuado si pensamos que el propósito original de este tipo de cubiertas es su utilización habitual por personas.

La cubierta de baja pendiente. Aquellas que están comprendidas entre el 8% y el 20%. Este tipo de pendientes permiten el tránsito de personas, pero ya no en condiciones de confort.

La cubierta Inclinada. Cuando la pendiente es mayor al 20%, su accesibilidad se torna complicada, pero su funcionalidad en lo referente a la expulsión de las aguas de lluvia se realiza de manera efectiva.

PENDIENTE	GRADO DE IMPERMEABILIDAD TIPO DE JUNTA MATERIALES
INCLINADA pend \geq 20%	RELATIVAMENTE IMPERMEABLES materiales superficiales de junta abierta piezas solapadas teja cerámica, pizarra, tablillas de madera
BAJA PEND 8% - 20%	RELATIVAMENTE IMPERMEABLES materiales superficiales de junta cerrada azotea tradicional piezas cerámicas en capas ABSOLUTAMENTE IMPERMEABLES materiales superficiales de junta abierta placas y perfiles cinc, fibrocementos, galvanizados, sintéticos, aleaciones
PLANA \leq 8%	ABSOLUTAMENTE IMPERMEABLES materiales superficiales de junta cerrada origen homogéneo ó heterogéneo arcillas, hormigones, láminas asfálticas

Tabla 01. Tipos de cubierta según pendiente y grado de impermeabilidad.

El estudio se enfocará en analizar las características de la cubierta plana y sus relaciones con el uso y la habitabilidad.

1.2 Habitabilidad

En cuanto al significado de habitabilidad se puede describir de manera sencilla como la capacidad de un espacio de ser vivido y utilizado no sólo por el hombre, sino por todas las actividades asociadas a él. En el ámbito de la arquitectura, el Código Técnico de la Edificación (CTE) la define como la parte de esta disciplina dedicada a asegurar unas condiciones mínimas de salud y confort en los edificios. En especial, la habitabilidad se ocupa del aislamiento térmico y acústico, y de la salubridad. El CTE hace mención especial al aislamiento térmico, con lo que se asume una percepción de que la arquitectura solo puede garantizar la habitabilidad de un espacio si éste es interior, omitiendo o ignorando las características espaciales y temporales que un espacio exterior puede aportar en esta materia.

Ampliando un poco este concepto, la habitabilidad más que un conjunto de requisitos se debería considerar como una situación, en la cual se deben generar las condiciones en un espacio, ya sea abierto o cerrado en las que se cumplan con ciertas características de confort en lo referente a la temperatura ambiente, el ruido y la higiene. Como se comprobará más adelante, resulta oportuno añadir que estos espacios deberán cumplir con una serie de elementos de accesibilidad, de seguridad y unas condiciones mínimas que permitan crear situaciones de utilidad.

Precisamente, la capacidad de crear situaciones de uso es el componente de tipo social más importante de vínculo con la cubierta plana; la potencialidad de la misma para realizar el tipo de actividades que el usuario prefiera o le convenga hacer al exterior.

Ya sea que las cubiertas hayan sido concebidas para que se puedan realizar actividades en su superficie, o que sus usuarios se apropien de ellas por gusto o necesidad, estos espacios al ser ocupados comienzan a adquirir ciertas características que le transfieren al propietario sensaciones de seguridad, privacidad y sobre todo el reflejo inequívoco de utilidad, por lo que propician la generación de las situaciones de habitabilidad mencionadas anteriormente y provocando un impacto en la relación interior-exterior en la totalidad del edificio.

1.3 La Cubierta Habitable

Si se trata de vincular el concepto de habitabilidad al de la tipología de cubierta, resulta lógico que las planas son las que de manera más sencilla pueden garantizar las características de habitabilidad. Cabe decir que esta relación no es exclusiva de la cubierta plana, ya que también hay ejemplos como el de la altana veneciana, en que tras algunas adaptaciones, la cubierta inclinada adquiere condiciones de habitabilidad.



Fig.04. La altana veneciana surge como una necesidad o como una voluntad de habitar la cubierta.

Obviamente, si desde la etapa del diseño hay una intención de ocupar la envolvente superior para realizar cualquier tipo de actividad, la mejor opción en materia de utilidad, es la cubierta plana.

Pero no todas las cubiertas planas pueden asegurar las condiciones necesarias de habitabilidad, ya que esta solución arquitectónica plantea una serie de problemas de tipo funcional, sobre todo en materia de evacuación de aguas y del comportamiento de sus materiales en relación a la incidencia solar.

A través de la historia, y sobre todo en el S.XX, se han venido desarrollando varios tipos de cubiertas planas para satisfacer tanto las necesidades de estanqueidad, como las de resistencia térmica y estructural. La clasificación de la cubierta plana actual generalmente aceptada es la siguiente:

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO	ORDEN DE CAPAS Y ELEMENTOS	DENOMINACIÓN	TIPO DE USO
CALIENTES inercia térmica materiales estancos	UNA SOLA CAPA propiedades estancas y térmicas del compuesto	HOMOGÉNEAS hormigón con aditivos arcilla impermeable	TRANSITABLE actividad continua
FRIAS capa de ventilación	CONVENCIONAL impermeabilizante aislante térmico	CUBIERTA CATALANA rasilla sobre tabiquillos creando capa ventilada	NO TRANSITABLE solo mantenimiento
	INVERTIDA aislante térmico impermeabilizante	AUTOPROTEGIDA láminas asfálticas o sintéticas al exterior	
		AJARDINADA tierra vegetal sobre lámina drenante	
		TÉCNICAS registrables cerámica, rejilla	
		INUNDADA l. asfálticas/sintéticas cubiertas de agua	
		APARCAMIENTO material asfáltico sobre capa estructural	
		PROTECCIÓN DE GRAVAS material canto rodado geotextil y aislante	
		PROTEC. LOSA AISLANTE capa de áridos/mortero sobre capa aislante	

Tabla 02. Tipologías de cubiertas planas y su posible relación con la habitabilidad.

La potencialidad de la cubierta plana de ser habitada, de ser vivida, lleva consigo muchas posibilidades de uso, tanto público como privado, que la convierten en un espacio singular. Como se ha mencionado anteriormente, a lo largo de la historia la cubierta ha sido utilizada de diferentes maneras por diferentes culturas y actualmente, la utilización de la cubierta puede llegar a representar tanto un estatus económico como social. Edificios de oficinas y hoteles adecúan sus techos para hacer de miradores, bares, restaurantes, piscinas e inclusive helipuertos; espacios y elementos que producen la sensación de “tener la ciudad a sus pies”.

Pero no todas las cubiertas planas, debido a sus características constructivas, están destinadas a ser habitadas, lo que por una parte pone de manifiesto que no todas las culturas y los momentos históricos han sido partidarios (o ni siquiera concebían la posibilidad) de utilizar las cubiertas planas como un espacio más del edificio a ser vivido o utilizado y por otra parte, que hay una expectativa de que el espacio diseñado, el espacio interior, sea capaz de acoger todas las actividades del ser humano y de proveer las características de confort necesarias para que se lleven a cabo según las exigencias actuales.

1.4 Conclusiones del Capítulo

La cubierta plana no es necesariamente la solución constructiva de más fácil ejecución, ni la que mejor responde a las condiciones técnicas y climáticas de cada sitio en específico, por lo que no tiene porque ser siempre considerada como la mejor opción constructiva a la hora de proyectar la envolvente de cualquier edificio.

Para que la cubierta sea habitable, deberá ser tanto plana como transitable, o poseer las características que le permitan adaptarse a estas condiciones.

La habitabilidad de la cubierta, debe de estar ligada a una situación de utilidad, por lo que debe de haber la preexistencia de una necesidad de ocupación de algún espacio y de aprovechamiento de las ventajas que la cubierta puede ofrecer con respecto a los demás espacios disponibles.

2. LA HABITABILIDAD DE LA CUBIERTA PLANA

El debate sobre el caso de la cubierta plana, en el que se discute si su forma se debe al deseo ancestral de habitarla o, por el contrario, a que una vez que se llegó a perfeccionar esta solución constructiva se aprovechó la oportunidad de ocuparla, no tiene respuesta sencilla; pero una vez que se comprende y se acepta la dicotomía del debate, resulta más interesante analizar la relación que surge entre el usuario y este espacio tan versátil.

El espacio arquitectónico y urbano, para que adquiera valor al ser ocupado, debe responder a la serie de condiciones que dan paso a la habitabilidad. Habitamos los espacios en tiempo y uso. La dependencia a un lugar o el desuso de otro, indican diferentes maneras de morar; si un lugar se ocupa en forma distinta por más tiempo o con mayor uso que otro, explica una mayor vinculación entre el espacio y quien lo ocupa.

2.1 La Relación entre la Habitabilidad y la Forma

Para entender la relación que tiene la cubierta plana como un espacio habitable con las actividades que se realizan en ésta, antes debemos de responder a dos cuestiones básicas de todo proyecto arquitectónico que tienen relación con la forma: las características del sitio y las necesidades de uso.

2.1.1 Las características del entorno.

Jeffrey Cook considera que todo fenómeno constructivo está asociado a una condición climática, y que dentro de la asociación clima-construcción no existe un límite temporal, ni espacial. De esta manera se plantea que el acondicionamiento natural de los espacios responde a las características climáticas de cada sitio determinado, a la vez que estas características en específico condicionan el tipo de acondicionamiento resultante.

Una de las razones por las cuales la cubierta plana como espacio habitable ha sido un recurso muy común en las zonas geográficas secas y cálidas es justamente por las ventajas en cuanto a su desempeño térmico en verano. Sin embargo no es la única solución de cerramiento horizontal que encontramos en los edificios de estas condiciones climáticas; los domos y cúpulas también resultan efectivos para contrarrestar las acciones del calor extremo, aunque por lo general perdiendo la característica de habitabilidad de la cubierta.

Si los sistemas naturales de adaptación al medio son representativos de las estructuras de forma en general, entonces los elementos creados por el ser humano se pueden considerar como una extensión de estas estructuras, debido al comportamiento de respuesta natural que reacciona a las variaciones del entorno. Este tipo de modificaciones generalmente son resultado de un proceso de prueba y error que lentamente se va asentando en el medio natural y que a través de la observación y la experiencia mejoran su desempeño, consolidándose como estructuras propias del entorno y a veces incluso como un símbolo característico de la cultura local.

También las características topográficas del sitio tienen un papel importante en la determinación del espacio arquitectónico. Las cubiertas aterrazadas pueden aparecer como un proceso que responde a la topografía existente en una zona en particular, o surgir como respuesta de la agrupación de los volúmenes arquitectónicos que al superponerse unos con otros, crean esta topografía artificial de la cual se busca aprovechar las condiciones que generan las formas resultantes.

2.1.2 Las necesidades de uso.

Así como el uso condiciona la forma, también es cierto que la forma condiciona el uso. La variación de un simple elemento en la cubierta plana como la altura del pretil puede condicionar las características de su utilización. Este elemento, cuando es llevado a una altura de 1.5m además de servir como elemento sombreador, establece un umbral de intimidad en relación a los espacios inferiores adyacentes, lo cual permite realizar actividades de índole privada, doméstica, a la vez que ofrece la posibilidad de observar el entorno sin ser visto.

En cambio, cuando el pretil solo cumple con una altura mínima, como para conducir el agua o como señal de cambio de nivel, la cubierta puede ser un espacio accesible desde el espacio público o puede ser utilizado como una superficie donde se aproveche el asoleamiento al máximo, ya sea secando alimentos, lavando y secando ropa, o como área de paso y comunitaria.

La agrupación de los edificios tiene como consecuencia la disminución del espacio privado a favor del espacio colectivo, grupal. Tal es el caso de la cubierta plana en la arquitectura de los denominados Indios Pueblo. «El *pueblo* es un fenómeno espontáneo de aglomeración generada por adición» [6]. Aquí, los límites entre el espacio público y el espacio privado no son claros, se ven difuminados. La cubierta plana adquiere un doble sentido, por una parte se convierte en la ampliación natural de la vivienda y por otra, se convierte en espacio semiurbano, tanto de tránsito, como de actividades colectivas. La cubierta tiene la función de ágora y de distribuidor, de centro de reunión y de paso, por lo que el simbolismo que representa este espacio público y privado trasciende como un elemento definidor de la cultura.

2.2 Habitando la Cubierta

Un aspecto discutible es considerar que el habitar es semejante para todos. Se puede decir que el habitante del campo, del ámbito rural, comparte la necesidad de habitar entre el campo y la construcción, mientras que el habitante de la ciudad alcanza una mayor conciencia del espacio arquitectónico y de su habitabilidad, debido al grado de dependencia que mantiene con éste y a que la necesidad de uso es superior. Es decir, las personas descubren y valoran el espacio arquitectónico por la necesidad de habitarlo y de cubrir los satisfactores que requieren.

Las viviendas aterrazadas, ya sean del tipo que aprovechan una topografía concreta, de las que crean una forma piramidal, o de las que conforman agrupaciones superpuestas, representan un ideal comunitario de convivencia y de aprovechamiento de recursos que ya sea debido al coste del suelo, a las condiciones climatológicas o a la alta densidad urbana, le confieren al grupo ciertas propiedades medioambientales de ahorro energético tanto en verano como en invierno simplemente a partir de su disposición volumétrica.

La vivienda aterrazada, o las viviendas con espacios abiertos en todos los niveles ofrecen ciertas ventajas como la de dotar de espacios abiertos y privados a cada unidad de vivienda.

Todos los ejemplos que se han mencionado con anterioridad son muestra de arquitectura que se adapta a las características del clima y del terreno. Al juntar los bloques de vivienda, se generan espacios sombreados y a la vez más frescos donde las terrazas juegan un papel importante al devolver de alguna manera el espacio abierto y privado que se sacrifica con este método constructivo, además de ofrecer mejores vistas generales del entorno.

2.3 Relaciones de Espacio y Uso

Las funciones y el significado que este tipo de espacios pueden tener sobre los individuos o grupos sociales, son prácticamente innumerables, sin embargo se puede realizar un ejercicio que ayude a definir y a clasificar el tipo de actividades que se suelen realizar sobre las cubiertas planas, así como los elementos y espacios que ayudan a definir esas actividades.

Para ayudar a comprender la relación entre la cubierta y su utilidad, se enumeran una serie de actividades que a través del tiempo se asocian a este tipo de espacios, así como de los elementos que permiten llevar a cabo estas funciones y los nuevos espacios que terminan conformándose. Para poder clasificar y definir su utilidad, se hace una agrupación de estos tres apartados a de acuerdo a sus características y así poder sintetizar estas relaciones.

RELACIONES ESPACIO-USO DE LA CUBIERTA PLANA

ACTIVIDADES	ELEMENTOS	ESPACIOS
Aislarse	Antenas	Albergue
Almacenar	Armario	Almacén
Cocinar	Ascensor	Aparcamiento
Comer/Beber	Barandilla	Ático
Conciertos	Bordillo	Aula
Desplazarse	Camastro	Bar/REstaurante
Dormir	Chimenea	Caja de escaleras
Descansar	Claraboya	Cine
Educativas	Cobertizo	Cocina
Ejercitarse	Conductos	Distribuidor
Entretenimiento	Depósito de agua	Fuerte
Estratégicas	Escalera	Galería de Arte
Exposiciones	Escenario/Tarima	Helipuerto
Fumar	Horno/Barbacoa	Huerto
Iluminar	Juguetes	Invernadero
Jardinería	Instalaciones	Jardín
Lavar	Lavadero	Lavadero
Meditar	Lucernario	Mirador
Nadar	Mangueras/Ducha	Observatorio
Observar	Mesas	Palomar
Pasear	Pérgola	Piscina
Pirotecnia	Pretil	Pista
Refrescarse	Rampa	Sala de máquinas
Recoger agua	Sillas	Taller/Oficina
Reunirse	Sombrilla	Templo
Secar	Toldo	Tienda
Teñir ropa	Tuberías	Trastero
Tomar el aire	Tumbonas	Veranda
Trabajar	Vegetación	Vestíbulo
Ventilar	Vehículos	

Tabla 03. Cuadro general de actividades, elementos y espacios relacionados a la cubierta plana.

Tanto las actividades, como los elementos y los espacios resultantes de la lista, guardan una serie de características determinadas, las cuales pueden ser agrupadas ya sea según su utilidad, su posición o sus características físicas, entre otras.

Se puede concluir que todas las actividades que se han enlistado guardan una serie de características relacionadas con el movimiento, el tipo de relación social y en referencia con la posición que se guarda con respecto a la calle, a la escala urbana.

ACTIVIDADES

PERMANENCIA

Estancia
Tránsito

PARTICIPANTES

Individual
Colectivo

POSICIÓN

Observador
Observado

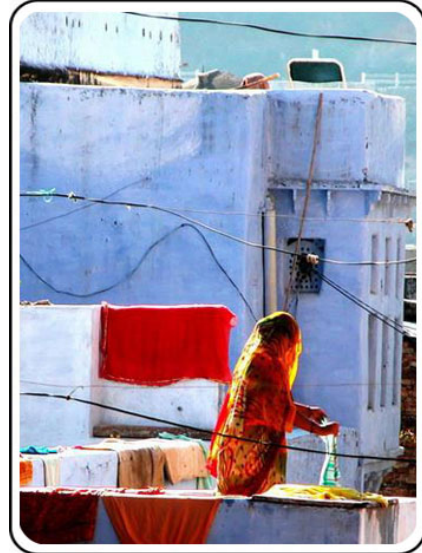


Tabla 04. Características de las actividades relacionadas a la cubierta plana.

Fig. 05. Ejemplo de actividad en cubierta.

Por ejemplo, el lavado de la ropa es una actividad que por su nivel de permanencia, se clasifica como estática, así como de ámbito individual, lo que le coloca en la posición de observador de los acontecimientos a nivel de calle.

En cuanto al tipo de elementos, se observa que éstos se originan y se establecen en las cubiertas planas dependiendo del tipo de utilidad que proporciona tanto a las personas como a los materiales mismos, también por su capacidad de ser fijos o desplazables, así como por la correspondencia que tienen tanto con la misma cubierta como con el espacio interior.

ELEMENTOS

UTILIDAD

Acceso
Protección
Apoyo

MOVILIDAD

Fijos
Desplazables

CORRESPONDENCIA

Exterior
Interior

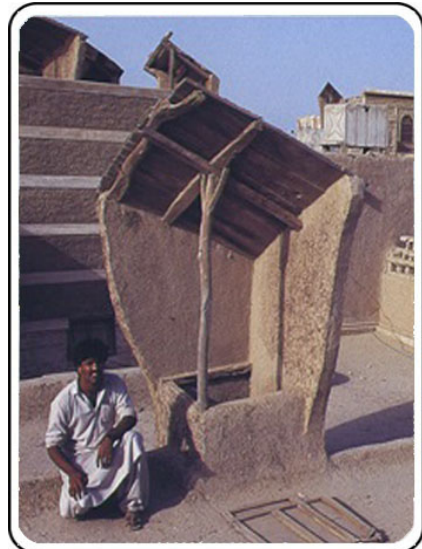


Tabla 05. Características de los elementos relacionados a la cubierta plana.

Fig. 06. Ejemplo de elementos de cubierta.

El ejemplo que se muestra es un atrapa-vientos. Elemento típico en Pakistán utilizado para crear un intercambio de aire entre el interior y exterior. En este caso, se trata de un elemento fijo, destinado a dar un servicio fisiológico al espacio interior.

Por último, los espacios representativos de la cubierta son resultado de la continuidad de las actividades que se realizan en ésta y de los elementos que la componen, por lo que estos nuevos espacios pueden ser abiertos o cerrados, y dependiendo del tipo de actividad realizada, guardan una relación ya sea pública o privada, o tienen una relación temporal con el uso dado que lo convierten en espacios de transición o de permanencia.

ESPACIOS	
POROSIDAD	Abiertos Cerrados
ACCESIBILIDAD	Privado Público
TEMPORALIDAD	Transición Permanencia



Tabla 06. Características de los espacios relacionados a la cubierta plana.

Fig. 07. Ejemplo de espacio de cubierta.

Un espacio característico de la cubierta, es la caja de escalera, conocido en Cataluña como “Badalot”. En este caso, el espacio es de transición, ya que su función es comunicar la planta inferior con la cubierta, por su constitución es cerrado y en este caso, de acceso privado para la comunidad de vecinos.

Tanto actividades como elementos y espacios tienen la característica de la ambigüedad, producto de la flexibilidad que debe tener un espacio abierto como la cubierta para ser utilizado bajo diferentes situaciones y condiciones. Esta flexibilidad se puede reflejar en la temporalidad de las actividades que se realizan, lo que le da a la cubierta plana como espacio habitable una cualidad de uso puntual, relegado a ciertas horas, ciertos momentos y ciertas actividades. De lo contrario, la cubierta necesitará una aportación de energía extraordinaria para ser utilizada como un espacio permanente, lo que le llevara a perder su esencia tanto compositiva como utilitaria.

2.4 Habitabilidad e Identidad

Aguado y Portal definen a los factores de espacio y tiempo en su relación al uso y a la identidad de la siguiente manera «el espacio y el tiempo no son simplemente contenedores físicos de la acción humana, sino que representan, en un mismo momento, al contenedor y a los contenidos de las prácticas sociales. Es decir, es el marco desde donde se organizan las prácticas sociales, pero es también lo que significan culturalmente esas prácticas, ordenadas de determinada manera» [7].

Si el espacio adquiere el papel de ordenador de las prácticas culturales en un contexto temporal, entonces el tiempo es el marco ideal para evaluar el nivel de significado y eficiencia de las mismas, resultando lógico prever que todo espacio que sea utilizado constantemente experimente un proceso constante de adaptación para su uso y personalización.

Para que el espacio pueda ser utilizado deberá de tener accesibilidad directa desde la unidad de vivienda, que los espacios exteriores sean lo suficientemente grandes para poder desarrollar algún tipo de actividad y que provean de la capacidad de observar sin ser observados, de dotar de una sensación de seguridad a todos sus ocupantes.

Por lo tanto, para aumentar la calidad del espacio, se deben de dar los fenómenos de uso, significado y tiempo, así como tener la condición de flexibilidad para poder realizar ciertas actividades, en términos sociológicos y energéticos, ya que el aprovechamiento de las condiciones climáticas puede resultar clave en su utilización o abandono.

La cubierta es una entidad compleja, en sus acepciones, en las geometrías y los elementos que la componen y por tanto, en la manera de utilizarse. Y son precisamente los signos de identidad los que nos llevan a recalcar que la cubierta habitable no responde a una morfología restrictiva ni obligatoriamente externa, sino que en esta primera instancia, a veces se puede asimilar con espacios amorfos, a mitad de camino entre el interior y el exterior.

2.5 Conclusiones del Capítulo

Por su carácter ambiguo, ya sea interior-exterior, público-privado, la cubierta debe ser un espacio flexible que permita el desarrollo de diferentes actividades de acuerdo a las necesidades de cada usuario y cada momento en concreto.

La continua realización de diversas actividades en la cubierta, conlleva una serie de implementaciones espaciales a través de elementos, ya sean de accesibilidad, seguridad o que puedan prestar otro tipo de servicio. A su vez, el constante proceso de adaptación trae consigo la aparición de sub-espacios que dotan a la cubierta de un reconocimiento al tipo de uso.

Las relaciones de espacio y uso a través del tiempo, van conformando lazos de identidad entre el grupo de usuarios, pudiendo llegar a convertirse en elementos representativos de la cultura local.

3. COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA CUBIERTA

Para conocer el comportamiento térmico de un determinado sistema de cubierta primero es preciso comprender algunas nociones importantes sobre los cerramientos en general. Normalmente estos se componen de diversos materiales, según sea el sistema constructivo. El desempeño térmico global de los cerramientos, incluida la cubierta plana, dependerá de las características medioambientales de un sitio en específico, de las características combinadas de estos materiales, del espesor de los mismos y de la forma en que están organizados, es decir, de la posición que guardan entre sí.

3.1 Transmisión de Energía

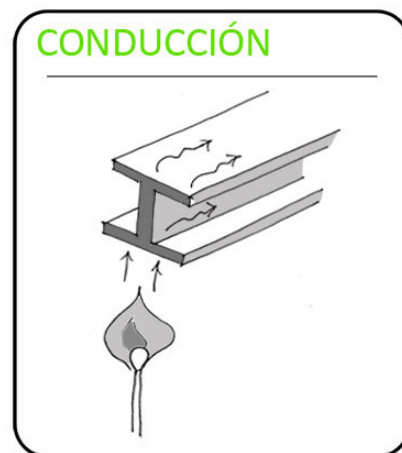
El sol emite energía a la tierra en forma de radiación, la cual es evacuada en diferentes ciclos temporales (como el ciclo diario y el estacionario), realizando un intercambio energético principalmente en forma de calor. En este proceso la energía incidente es igual a la emitida, ya que en caso de no ser así, la temperatura tendería a subir o a bajar por la diferencia acumulada.

El tránsito del calor a través de un cerramiento está directamente relacionado a la diferencia de temperatura, al espesor del material, la resistencia del material y su capacidad térmica, es decir, su capacidad para absorber calor antes de registrar un aumento de temperatura. La resistencia y la capacidad están directamente relacionadas con la densidad, ya que los materiales ligeros generalmente tienen alta resistencia y baja capacidad térmica, mientras que los materiales macizos ofrecen poca resistencia, pero tienen una alta capacidad térmica, que al relacionarla con la conducción de calor, se le conoce como inercia.

Para comprender la dinámica del intercambio de calor entre el ambiente exterior y el interior a través de cualquier cerramiento, primero debemos saber que este proceso está ligado al estado de “excitación” de sus componentes más elementales (moléculas, átomos, electrones libres, etc.) que tengan una cierta libertad de movimiento.

Los mecanismos de transferencia son diferentes procesos que se suscitan en el transporte de calor, usualmente se agrupan en tres tipos según pueda realizarse una transferencia de materia (o fotones) como los siguientes:

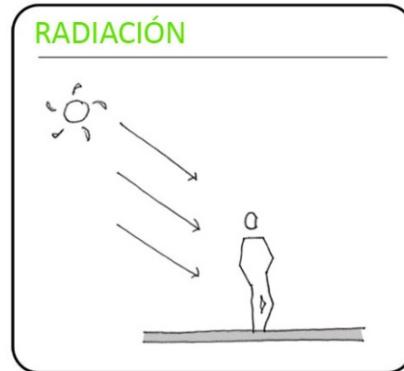
Conducción. Es la transferencia de calor que se produce a través de un medio estacionario (que puede ser un sólido) cuando existe una diferencia de temperatura, esto es que el calor se transmite a través de la masa del propio cuerpo. La facilidad con que el calor “viaja” a través de un material lo define como conductor o como aislante térmico. Ejemplos de buenos conductores son los metales, y de buenos aislantes, los plásticos, las maderas y el aire. El coeficiente de conducción térmica de un material es una medida de su capacidad para medir el calor (Fig. 08).



Convección. Si consideramos un material fluido (líquido o gaseoso), el calor que contiene puede ser "transportado" por el propio movimiento del fluido entre sus zonas internas con diferente temperatura. Si este movimiento se produce de forma natural, por la diferencia de temperaturas, la convección es natural, y si el movimiento lo produce algún otro fenómeno (ventilador, viento), la convección es forzada (Fig. 09).



Radiación. Fenómeno que consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o de partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. Esto sucede ya que todo material contiene una temperatura finita, y la intensidad de su intercambio dependerá de la temperatura a la que se encuentre en relación al resto de cuerpos presentes (Fig. 10).



En la interacción entre el edificio, el ocupante y el exterior entran en juego de manera simultánea estos tres mecanismos, los cuales tienen un importante rol en la modificación del ambiente interior. Lo más común es analizar de manera individual cada uno por separado para comprender la totalidad del proceso de transmisión de energía calórica.

La transmisión energética entre el exterior y el interior se realiza cuando la energía radiante se encuentra con una superficie, una parte de ella es absorbida por el material y otra parte es reflejada. De un modo simultáneo, el material sobre el cual se ha manifestado esta incidencia energética, emitirá calor a sus inmediaciones.

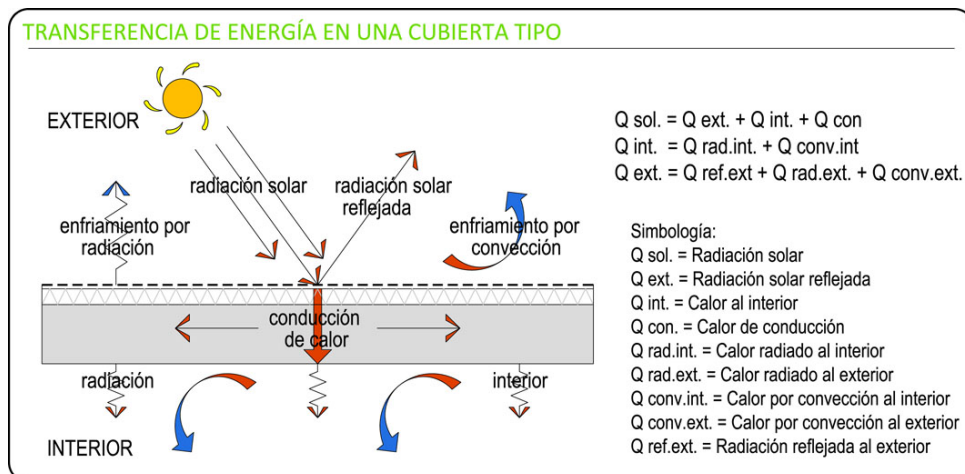


Fig.11. Esquema de transferencia de calor de una cubierta plana.

El flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra del material, se expresa a través del coeficiente de conductividad térmica (λ). En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se mide en (W/(m·K)), en (kcal/(h·m·K)) en el sistema técnico, y (BTU/(h·ft·°F)) en el sistema anglosajón.

3.2 Habitabilidad, Confort y Transmisión de Energía en la Cubierta Plana

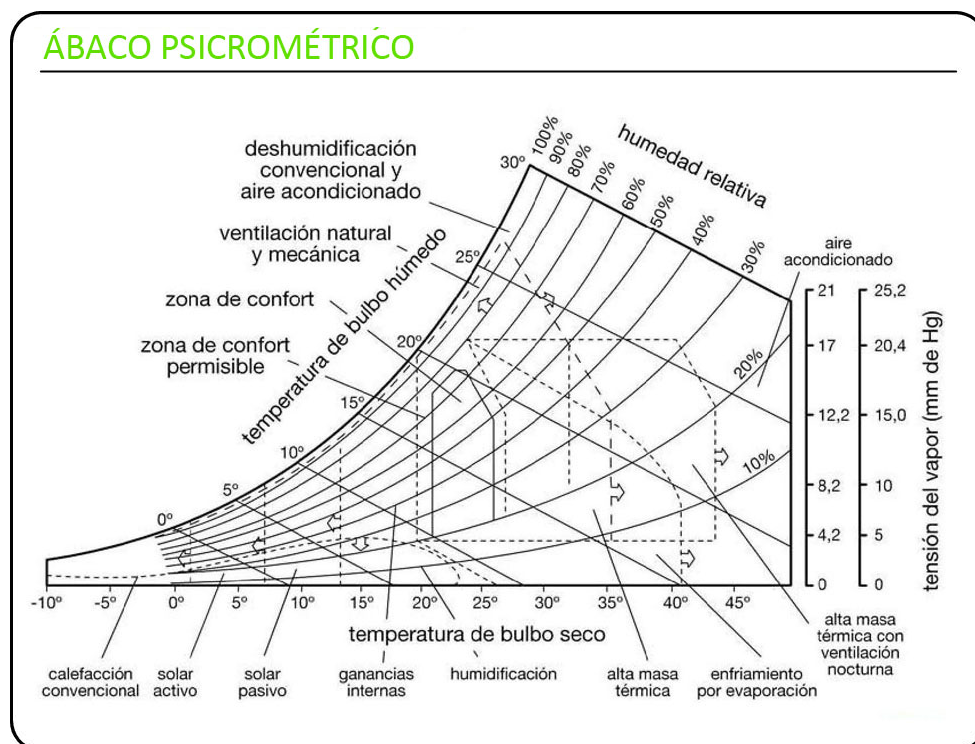
La utilización del espacio arquitectónico altera las condiciones medioambientales de diferentes maneras. Cualquier tipo de actuación sobre el emplazamiento, conduce al ser humano a percibir la realidad de su entorno de una manera diferente, ya que los nuevos elementos actúan en conjunto con las características del medio ambiente transmitiendo una nueva serie de estimulantes sensoriales que trabajarán a favor o en contra de las necesidades y de las voliciones determinadas para cada entorno arquitectónico.

En el lenguaje técnico-arquitectónico, al hablar de habitabilidad se hace referencia a la parte de esta disciplina dedicada a asegurar unas condiciones mínimas de salud y confort en los edificios. Existen un gran número de normativas y reglamentos tanto a nivel nacional como internacional. En España, la normativa de habitabilidad se recoge actualmente en el Código Técnico de la Edificación (CTE), el cual establece unas condiciones acústicas, térmicas, y de salubridad adecuadas para la ocupación de varios tipos de recintos.

En el caso de las cubiertas, el CTE establece unos valores máximos para la transmitancia térmica que varían según la zona climática entre los 0,46 y 0,65W/m²K.

En cuanto al confort, se define como aquello que produce bienestar y comodidades. En el ámbito de la construcción, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades. En arquitectura se habla de confort, térmico, acústico, lumínico, entre otros.

Existen varios modelos de evaluación y cálculo para el confort térmico, uno de los más utilizados es el ábaco psicrométrico de Givoni. Aunque el confort sea una sensación mayoritariamente subjetiva, es necesario constatar que un cierto número de factores determinan el confort físico, ya sea en el trabajo ó en el descanso; postura, luz, presencia de corrientes de aire, temperatura, humedad, etc.



Gráfica 01. El ábaco psicrométrico de Givoni correlaciona diferentes factores para determinar la zona de confort.

Cabe mencionar que no todos los seres humanos respondemos de igual manera a las condicionantes climáticas, pero se ha aceptado como una pauta general los resultados de los estudios publicados por autores como Givoni u Olgyay.

El confort tiene un aspecto mucho más complicado que no puede ser medido, ya que cuenta con una serie de aspectos psicológicos, personales, culturales y hasta de género, que modifican su percepción, lo cual lo convierte en un concepto subjetivo en el cual el conjunto de sensaciones (o ausencia de ellas) lo definen; pero en lo que concierne a los aspectos medibles, la presencia de calor tanto en el espacio interior como en el exterior, es uno de los componentes más identificables con el concepto de confort o discomfort.

PRINCIPIOS GENERALES DEL CONFORT AMBIENTAL

PARÁMETROS OBJETIVOS

Características físicas y ambientales del espacio.
Parámetros específicos de los sentidos.
(térmicos, acústicos, visuales).
Unidades de medida calculables.

FACTORES DEL USUARIO

Condiciones de apreciación ambiental.
Biológico-fisiológicas.
Sociológicas
Psicológicas

Tabla 07. El confort ambiental tiene características tanto medibles como de apreciación personal.

En el caso de la cubierta y su relación con la sensación de confort, la exposición al sol de los elementos que la componen tiene la mayor repercusión en el proceso de intercambio de calor entre el ambiente exterior y el interior. Cuando la radiación solar incide sobre la cubierta, dependiendo de las propiedades superficiales de los materiales que la componen (reflectancia, absorptividad, emisividad), una parte de esta energía en forma de radiación solar (onda corta) se ve reflejada y otra parte absorbida. Parte de esta energía acumulada tras la absorción es irradiada nuevamente hacia al exterior (onda larga) y otra parte continúa su paso a través del sólido hasta el interior, en un periodo de tiempo que depende de su espesor y de su conductividad térmica.

3.3 Conclusiones del Capítulo

En las latitudes en que la cubierta es el elemento que más horas está expuesto a la radiación solar, los requerimientos más básicos del confort térmico tienen como premisa fundamental la de protegerla de la radiación directa en la temporada de calor. Adecuar este elemento a las condiciones climáticas se convierte en una de las estrategias de mayor relevancia para reducir las ganancias de calor en los edificios y los sistemas pasivos de control térmico pueden resultar en soluciones muy efectivas para reducir su impacto energético.

La variabilidad de los principios del confort ambiental permite un amplio espectro de posibilidades climáticas y espaciales que logren cumplir con los parámetros tanto objetivos como subjetivos que lo definen. Por consiguiente, se abre la posibilidad de no solo aprovechar las características de los espacios interiores; que a priori son más controlables, sino también de establecer algunas pautas de uso y de diseño del espacio exterior, para las situaciones en que los factores y características anteriores se puedan conseguir fuera del espacio interior, a un menor coste energético.

4. ESTRATEGIAS Y ELEMENTOS DE CONTROL TÉRMICO

Al estudiar y conocer algunos de los efectos que la creación de los diferentes espacios arquitectónicos tienen sobre las condiciones del ambiente construido, se puede empezar a generar técnicas y tipologías espaciales que ayudarán a que los espacios proyectados tengan un funcionamiento que favorezcan las condiciones del entorno para el bienestar de sus ocupantes.

Los diferentes elementos compositivos de un edificio como su masa térmica, su aislamiento, sus aberturas, orientación y sombreado tienen una relación directa con las condiciones térmicas en su interior. Cuando el espacio arquitectónico cuenta con dispositivos de control que reaccionan de forma natural a las condiciones exteriores, de manera que pueda adaptarse a las necesidades de sus ocupantes, entonces se puede reducir la energía necesaria para proveer las condiciones de confort térmico.

Para actuar de acuerdo a las características del medio ambiente, se deben de seguir una serie de estrategias de introducción, conservación y liberación de energía tanto para el invierno como para el verano. Las estrategias básicas de invierno consisten en:

- Maximizar las ganancias térmicas desde el exterior.
- Minimizar las pérdidas energéticas desde el interior.

Estrategias como la de ganancia directa, o muros trombe se pueden integrar al espacio arquitectónico para actuar en conjunto con los sistemas de aislamiento y retención de calor que ayudan a conservar la energía dentro del edificio el mayor tiempo posible.

Baruch Givoni indica que en el clima árido-seco, es más importante adaptar los edificios a las condiciones climáticas de la temporada caliente, ya que los requerimientos de confort en invierno generalmente se satisfarán con las mismas estrategias que se adopten para un buen desempeño estival. Con lo anterior en consideración, este trabajo se concentrará en los sistemas pasivos de enfriamiento de edificios a través de las estrategias de verano.

4.1 Estrategias de Enfriamiento Pasivo de Edificios

La clasificación de las estrategias de enfriamiento de edificios tiene el objetivo de organizar los sistemas que se han ido desarrollando con el paso del tiempo. Algunas clasificaciones se basan en los depósitos energéticos ambientales mientras que otras establecen la clasificación de acuerdo a la forma como se realiza el enfriamiento pasivo.

Para zonas cálidas existen diversas soluciones para disminuir el impacto térmico en los edificios; algunas tratan acerca de las propiedades termofísicas y radiativas de los materiales constructivos, ya sea aumentando el espesor de la losa o añadiendo materiales aislantes. Otra solución es la de modificar las características de las superficies en las cubiertas ya sea pintándolas o colocándoles espejos para reflejar la radiación directa. Otra alternativa que ha obtenido resultados satisfactorios, es la de la cubierta ventilada.

Para abordar las soluciones del enfriamiento natural, diversos autores e instituciones han realizado clasificaciones de los sistemas pasivos de enfriamiento. Autores como Holtz, Place, y Kammerud, establecen su clasificación en la forma en que se realiza el enfriamiento pasivo, ya sea directo, indirecto, por aislamiento o por prevención de la ganancia del calor. Otro grupo de investigadores como Givoni, Bahadori y el Departamento de Desarrollo Urbano de EEUU,

plantean su clasificación basados en las fuentes naturales de energía con las que se produce el enfriamiento. La clasificación de Givoni define los sistemas de la siguiente forma:

Ventilación para el confort. Aumentando la velocidad del aire se obtiene la sensación de enfriamiento del ambiente, debido a que se aumenta la evaporación del sudor de la piel. Los efectos combinados de la velocidad del aire y la temperatura ambiente obtienen la denominada temperatura de sensación, la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_s = 13,12 + 0,6215 \cdot T - 11,37 \cdot V^{0,16} + 0,3965 \cdot T \cdot V^{0,16}$$

En la que T_s es la temperatura de sensación en °C, T es la temperatura del aire, y V es la velocidad del viento en km/h.

Enfriamiento por ventilación nocturna. Cuando se enfría por convección desde el interior un elemento de alta inercia térmica. Durante el día, este elemento puede absorber el calor que penetra del exterior y que se genera desde el interior si cuenta con la masa, superficie e inercia suficiente. Una vez que la temperatura exterior comienza a descender, las ventanas del edificio se abren y el elemento desprende el calor almacenado hacia el exterior. Como resultado, la temperatura máxima diaria en el interior será más baja que la temperatura máxima exterior, o que la de un edificio sin sistema de ventilación nocturna.

Enfriamiento por radiación nocturna. El enfriamiento radiante puede obtener una fuente de enfriamiento natural por medio de la transferencia de calor por radiación, como lo puede ser el intercambio de calor por radiación de la cubierta con el exterior más frío por la noche. Techos fríos, cubiertas húmedas, patios y fachadas radiantes son ejemplos de este tipo de sistema pasivo.

Enfriamiento evaporativo. El enfriamiento evaporativo puede proporcionar aire o agua a una temperatura inferior a la que posee el medio ambiente como consecuencia del calor latente necesario para la evaporación del agua. Consiste en hacer circular una corriente de aire en contacto con una masa de agua, de modo que la evaporación del agua produce una disminución de las temperaturas de ambos. El aire enfriado contribuye a refrescar el edificio. Sus objetivos fundamentales son disminuir el calentamiento y reducir la transmisión de calor desde el exterior, creando un entorno microclimático más favorable mediante la reducción de las temperaturas y el aumento de las humedades relativas. Se subdivide en sistemas directos e indirectos, donde la principal diferencia es que los sistemas indirectos utilizan un intercambiador de aire y no humidifican la corriente de aire de refresco.

Enfriamiento por subsuelo. La temperatura del subsuelo es constante durante todo el año, por lo que en verano se pueden aprovechar sus características para enfriar los espacios interiores. Este sistema se vale de la gran inercia térmica del subsuelo, pues éste a unos tres metros de profundidad presenta una temperatura constante de entre 10 y 16 °C. El enfriamiento se consigue sobre todo por medio de la convección, ya que al experimentar un intercambio con el aire a temperatura ambiente consigue esta disminución del calor. También se puede aprovechar la pérdida de calor evaporativo de la superficie de la tierra, debido a la diferencia de presión de vapor entre esta y las características del aire exterior.

Enfriamiento de espacios exteriores. La interacción entre las condiciones térmicas en un edificio y los espacios exteriores contiguos a éste produce el intercambio de condiciones. En temporadas de calor, las condiciones en el espacio exterior pueden ser más extremas que en el interior, debido a que está más expuesto a los efectos de la radiación directa, así como a

diferentes formas de radiación indirecta. Los elementos sombreadores, así como la introducción de vegetación pueden generar situaciones de mejoramiento de las condiciones climáticas. En espacios exteriores controlables como los patios, estas características pueden afectar positivamente al espacio interior.

Así como cada estrategia posee una serie de características, también tiene sus limitaciones tanto para los interiores como para el exterior, con sus lógicas variaciones de acuerdo al tipo de edificio y al tipo de clima. En general, la aplicación de los sistemas de enfriamiento derivados de cada estrategia, depende principalmente de las condiciones climáticas existentes en las temporadas cálidas de cada región, incluyendo sus condiciones nocturnas y en particular, la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo.

La aplicación de estas estrategias, puede contribuir además a la generación de situaciones en que los usuarios del edificio deseen extender la ocupación hacia las proximidades del entorno modificado, alterando a la vez las relaciones de transmisión de energía entre el interior y el exterior.

Es importante resaltar que por muy buena que sea la solución del sistema pasivo, la temperatura de confort interior no puede garantizarse en todas las condiciones, ya que la temperatura superficial que llega a alcanzar el techo de una vivienda con la cubierta expuesta a las radiaciones directas puede superar la de la temperatura del aire, más aún si se trata de un material que sea buen conductor del calor, afectando por consiguiente la temperatura de sensación en el interior y con esto el confort de los habitantes. En el clima árido-seco, la protección solar se considera la estrategia más importante para evitar el sobrecalentamiento de los edificios.

4.2 Elementos de Protección solar

Como se mencionaba anteriormente, la radiación solar en los climas secos y áridos es uno de los factores más importantes a controlar.

La radiación emitida y la reflejada afectan a los cuerpos que se encuentran cerca o sobre la tierra, la radiación absorbida por el suelo lo calienta y este calor afecta a los cuerpos que están en contacto con él y con la capa de aire más próxima, produciendo movimientos convectivos.

La protección de la radiación solar directa y difusa, se consigue mediante la obstrucción de ésta, colocando elementos sombreadores en la zona a proteger.

Para reducir la radiación directa se pueden establecer las siguientes estrategias:

- Incorporación de pantallas horizontales o verticales de sombra, según el trayecto solar.
- Utilización de cubiertas de materiales constructivos (lona, madera, hormigón, uralita, etc.), de elementos vegetales, o combinadas.

Para la reducción de la radiación reflejada, se pueden establecer tres acciones diferentes:

- Impedir que la radiación directa llegue hasta la superficie reflectora, incorporando elementos vegetales, horizontales de sombra, como arbolado en sus diferentes configuraciones o pérgolas.
- Obstruir la reflexión ubicando elementos verticales de baja altura, como setos vegetales.
- Actuar directamente sobre la superficie reflectora, mediante la introducción de superficies de bajo albedo.

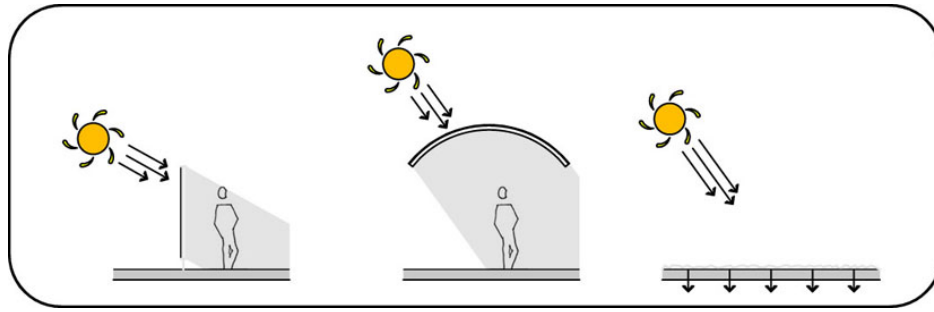


Fig.12. Estrategias de protección de la radiación solar directa y difusa.

En la mayoría de los casos, el impacto sobre el microclima que tienen los elementos como la vegetación, los toldos, las pérgolas y el agua son más determinantes de lo que se les tiene en cuenta. «La presencia de la vegetación en las ciudades altera el balance energético del clima a escala local, provocando variaciones en la radiación solar que llega a la superficie, en la velocidad y dirección del viento, en la temperatura ambiente y en la humedad del aire» [8].

Estos efectos, aunque limitados, contribuyen en gran medida a mejorar la sensación de confort en los espacios exteriores urbanos, así como a amortiguar el impacto de los elementos climáticos de los edificios.

Vegetación

Uno de los usos más extendidos de la vegetación dentro del ámbito urbano es el del control de la radiación solar. Tanto como para proporcionar sombra, como para que a través de la evotranspiración, puedan ser capaces de aumentar la humedad relativa del ambiente.

La reducción de la temperatura ambiente y el aumento de la humedad del aire en presencia de vegetación, se debe al efecto de la sombra proyectada sobre las diversas superficies, pero sobre todo al efecto de la evotranspiración, que es el efecto de enfriamiento evaporativo del agua que transpiran las plantas. Esta propiedad además tiene como consecuencia, aunque a menor escala, la modificación de la temperatura media radiante.

AGRUPAMIENTO	Verano	Otoño	Primavera	Invierno
Árbol aislado	-3,7 a -1,3	-	-	-8 a 1,0
Grupo heterogéneo	-4,4	-3,6 a -2,8	-	-5,0
Grupo homogéneo	-4,7	-3,1	-3,7 a 3,2	-5,1

Tabla 08. Variaciones de temperatura observadas bajo la sombra de vegetación (Ochoa de la Torre).

Además, la vegetación puede hacer de barrera protectora del viento; ayuda a disminuir su velocidad y a refrescar la temperatura ambiente. El viento, al pasar a través de las hojas de los árboles, absorbe tanto el oxígeno que producen, como la humedad que desprenden. En climas secos y cálidos, esta cualidad se convierte en una característica muy deseable.

La vegetación influye en todos los parámetros climáticos, aunque en unos más que en otros. El más afectado es la incidencia de la radiación solar sobre las distintas superficies; la vegetación refleja, y sobre todo absorbe, gran parte de la radiación solar, dejando pasar solo una pequeña parte hasta el suelo, lo que crea gradientes de temperatura superficial, a veces muy grandes, entre las zonas protegidas y las no cubiertas por vegetación.

LONGITUD DE ONDA	μm	REFLEXIÓN	TRANSMISIÓN	ABSORCIÓN
Fotosíntesis	0.38-0.71	9%	6%	85%
Cercano Infrarrojo	0.71-4.00	51%	34%	15%
Onda Corta	0.35-3.00	30%	20%	50%
Onda Larga	3.00-100.0	5%	0%	95%

Tabla 09. Coeficientes de reflexión, absorción y transmisión de una hoja verde para diferentes longitudes de onda. (Oke).

Las coberturas vegetales absorben la radiación solar sin calentarse, ya que utilizan gran parte de la energía solar para sus funciones metabólicas, un pequeño porcentaje es reflejado y otro se almacena en el sustrato. Cuando la superficie está debidamente irrigada, gran parte de este calor almacenado se puede disipar por enfriamiento evaporativo. Dado lo anterior la cobertura vegetal evita las reflexiones de rayos solares, las emisiones de radiación de onda larga y el calentamiento del aire por convección.

Una buena fuente de protección solar será capaz de disminuir la cantidad de energía solar absorbida por la superficie protegida durante el día, por lo que disminuirá la necesidad de aplicar un aislante térmico sobre ésta y disminuirá tanto la transmisión de calor al interior del edificio como la oscilación térmica del espacio sombreado. Las oscilaciones de temperatura son menores en zonas de alta densidad vegetal que en zonas descubiertas.

La vegetación caducifolia es una herramienta útil en el control climático, ya que permite el soleamiento en invierno mientras que proporciona sombra en verano. Pero hay que tener en cuenta las ramas, ya que como se observó en algunos casos, constituyen una obstrucción hasta del 50% en ramajes muy densos.

Las especies perennifolias pueden funcionar tanto como elementos de sombra y como pantallas deflectoras del viento, pero teniendo en cuenta que mantienen su follaje durante todo el año, pueden tener también efectos negativos, al desviar los vientos necesarios en verano o proyectar sombras innecesarias en invierno, por lo que habría que estudiar cuidadosamente su ubicación desde un principio.

Desde el punto de vista del control de la radiación solar, tanto los elementos desplegables como la vegetación caducifolia resultan los más versátiles, ya que estos tienen la capacidad de variar su capacidad de transmisividad dependiendo de las necesidades de calentamiento y enfriamiento de los espacios arquitectónicos.

Además, la vegetación puede ser muy efectiva como medio de control visual, su función de barrera o pantalla proporciona privacidad además de eliminar vistas no deseadas, o dirigir la vista del observador hacia una dirección en particular.

Pantallas solares

Las pantallas solares actúan sobre las superficies protegiéndolas de la radiación directa. El entorno protegido del sol, se calienta menos y re-emite menos energía, al generar menos reflexiones de la radiación solar; como consecuencia, se produce una disminución de la temperatura operativa del entorno (la temperatura del aire desciende levemente, mientras que la temperatura radiante lo hace de manera considerable). De esta manera, el edificio intercambia con un ambiente exterior más “fresco” (menor temperatura del aire, menor temperatura radiante), lo que permite que las temperaturas interiores estén más próximas al

confort sin emplear ningún tipo de sistema activo, o que éste necesite menor cantidad de energía para alcanzar dicha situación.

Para utilizar un elemento sombreador como un toldo o un cobertizo, se debe estudiar la orientación y la geometría de los elementos constructivos relativos al cambio de la posición solar y la geografía de la localidad, así como el tiempo y la cantidad de radiación solar directa que puede traspasar el dispositivo e incidir en la edificación durante el año.

Los parámetros más importantes de las pantallas solares en cuanto a la obstrucción de la radiación solar son:

- La relación de su ubicación, con respecto a la superficie a proteger y a la hora del día.
- El coeficiente de filtración solar del material. Ya sea por la opacidad, por el grosor o por la absortividad del material.

Los parámetros que indican con cierta precisión la cantidad de radiación que pasa a través de un elemento sombreador, ya sea un toldo, una pérgola, o el follaje de las plantas son; el factor de sombra y la transmisividad. Estos parámetros hacen referencia a la cantidad de la radiación que pasa a través del elemento sombreador.

La pérgola se considera un elemento combinado, al consistir de una estructura portante, ya sea de madera, hormigón, metálica o de cualquier otro material que pueda soportar al elemento sombreador, generalmente de alguna especie de planta trepadora o de elementos textiles. Su función básica es la de proveer sombra en verano, con la posibilidad de permitir el acceso a los rayos solares en invierno. Las pérgolas, si son horizontales tienen una gran capacidad para reducir la incidencia de la radiación solar sobre la superficie que protegen. En el caso de las cubiertas, incluso mayor, debido a su ubicación directamente sobre éstas a diferencia de la vegetación que se desarrolla a nivel de tierra.

Parámetros de mayor influencia. Radiación solar y viento.

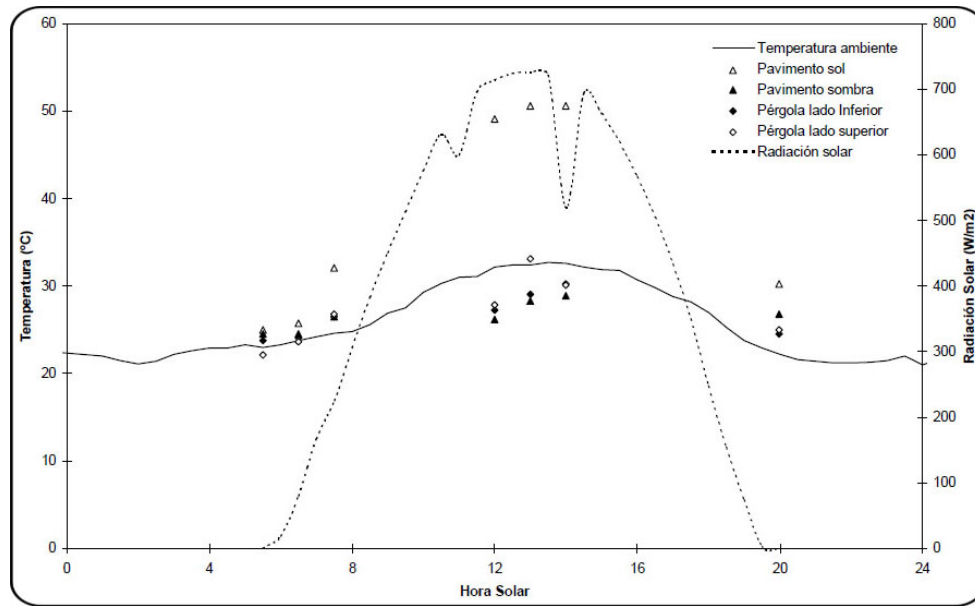
Parámetros de menor influencia. Temperatura y humedad.

Aunque no todos los elementos tienen el mismo factor de sombra, incluso los elementos que obstruyen un 50% de la radiación solar tienen un efecto atenuante en la sensación térmica tanto del espacio cubierto, como de la superficie que recibe la sombra.

Estudios realizados por Ochoa de la Torre sobre el efecto de diferentes umbráculos sobre la superficie protegida muestran hasta 20°C de diferencia entre el pavimento soleado y la temperatura del aire, a la hora de mayor temperatura. El pavimento bajo la sombra de la vegetación estaba incluso 2°C por debajo de la temperatura ambiente. La vegetación estaba prácticamente a temperatura ambiente, tanto en la parte sombreada como en la soleada.

Al conservarse prácticamente a temperatura ambiente, los elementos vegetales constituyen un elemento sombreador ideal, ya que como no se calientan con el sol, hacen el papel de un cielo raso “frío”, por lo tanto no contribuyen a aumentar la temperatura radiante.

Por lo tanto, el arbolado resulta ser mejor elemento sombreador que la pérgola, ya que además de producir más sombra se calienta menos. Lo anterior se debe a que en comparación con la ésta, la superficie total de las hojas de los árboles es mucho mayor que la superficie de su silueta y ocupa además, un mayor volumen de aire.



Gráfica 02. Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar, en verano.

4.3 Conclusiones del Capítulo

Ya que es más difícil de controlar, el espacio exterior tiene un efecto limitado en cuanto a lo que se relaciona con el control del proceso de transmisión energética, pero aún así, su contribución puede ser significativa para alterar las condiciones térmicas del espacio interior bajo ciertas circunstancias puntuales.

Estrategias como la aplicación de pantallas solares, de control y conducción del viento, son capaces de modificar tanto las condiciones del exterior, como las interiores, por lo que la eficiencia en el diseño de estos elementos, pueden suponer un considerable ahorro energético en el funcionamiento global del edificio.

5. EL CLIMA SECO SEMIÁRIDO

5.1 Características del Clima Seco Semiárido

La clasificación climática de Köppen identifica el clima según tres tipos de factores que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan a cada tipo de región. El clima seco semiárido se caracteriza porque las precipitaciones anuales son inferiores a la evaporación.

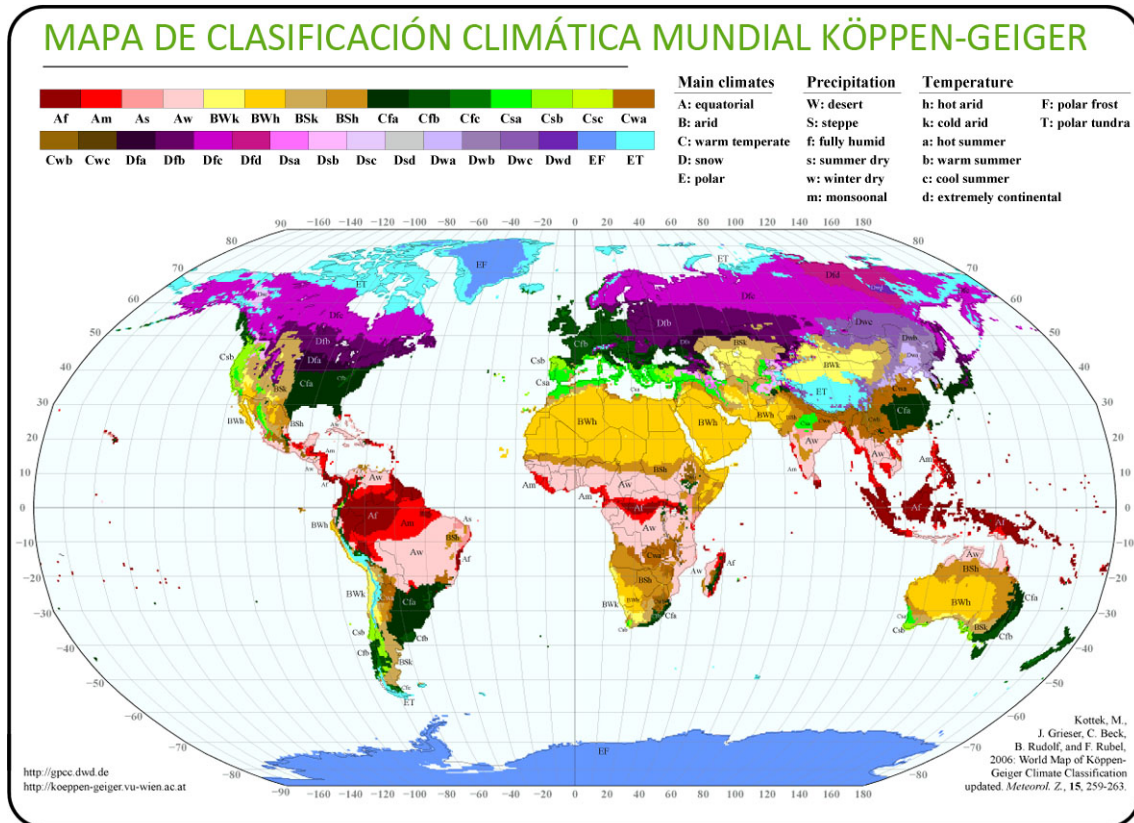


Fig. 13: Mapa de los factores de clasificación climática de Köppen.

Las peculiaridades de cada tipo de clima se ven influidas por factores como la latitud, la altitud, la cercanía con el mar y los vientos que inciden sobre cierta zona ya sea a nivel local o global. Por tanto es de intuir que varias regiones del planeta reúnen ciertas condiciones que hacen que sus características climáticas sean similares aún estando localizadas en zonas muy diferentes.

Así, regiones como Murcia y Alicante, la región que une Pakistán, Afganistán e Irán, el interior de Namibia y Botsuana, la Pampa argentina, o Aridoamérica, tienen unas condiciones climáticas más cercanas que las que pueden tener ubicaciones situadas en la misma latitud como la ciudad de Orlando, en Florida y el monte Everest, ambos de latitud 28ºN.

La característica más importante del clima seco semiárido, en cuanto a su relación con el diseño arquitectónico y con el confort humano, es la combinación de baja humedad con altas temperaturas. Estos tipos de climas, tienen como peculiaridad el fenómeno de los vientos que provienen del ecuador, que al atravesar la vasta franja continental pierden gran parte de su contenido de vapor además de que debido a la diferencia de presión, el aire llega caliente y seco. Además, la radiación solar directa puede calentar las superficies de la tierra a unos 70ºC y descender por la noche hasta los 15ºC.

Ya que el cielo presenta pocas nubes durante gran parte del año, estas zonas, además de contar con un alto índice de radiación directa, cuentan también con una importante cantidad de radiación indirecta la convierte en un factor a tener en cuenta, ya que el efecto derivado de las superficies con un alto nivel de reflexión, es mayor que en otras zonas climáticas.

El resultado de estas variantes climáticas es el de la gran oscilación térmica, ya que las temperaturas máximas promedio en verano varían entre los 35 y los 40°C, mientras que las mínimas se sitúan entre los 18 y los 25°C. Como resultado, el rango de oscilación diurna suele variar entre 15 y 20°C.

En cuanto a los vientos, las rachas más fuertes suelen ser entre las horas de mediodía, hasta el atardecer, derivado del movimiento de masas de aire caliente y fría en los diferentes estratos atmosféricos.

5.2 Aridoamérica, arquitectura, clima y cultura.

Las peculiaridades tanto históricas, como culturales y climáticas de cada región, tienen como resultado el desarrollo de costumbres y actividades que crean lazos de identidad entre sus habitantes. Estos lazos de identidad también se ven reflejados en el diseño arquitectónico de los pueblos que las integran.

Aridoamérica es una región que comprende parte de lo que actualmente es el sudoeste de los Estados Unidos y el norte de México. En la zona comprendida por los actuales estados mexicanos de Chihuahua, Sonora y la porción norte de Baja California, así como los estados de California, Arizona, Utah, Colorado, Nuevo México y Texas en Estados Unidos, se desarrolló aproximadamente entre los años 500 a.C. y 1,500 d.C. una cultura compleja denominada posteriormente como “Pueblo” por los colonizadores españoles, por el tipo de construcciones que desarrollaron.

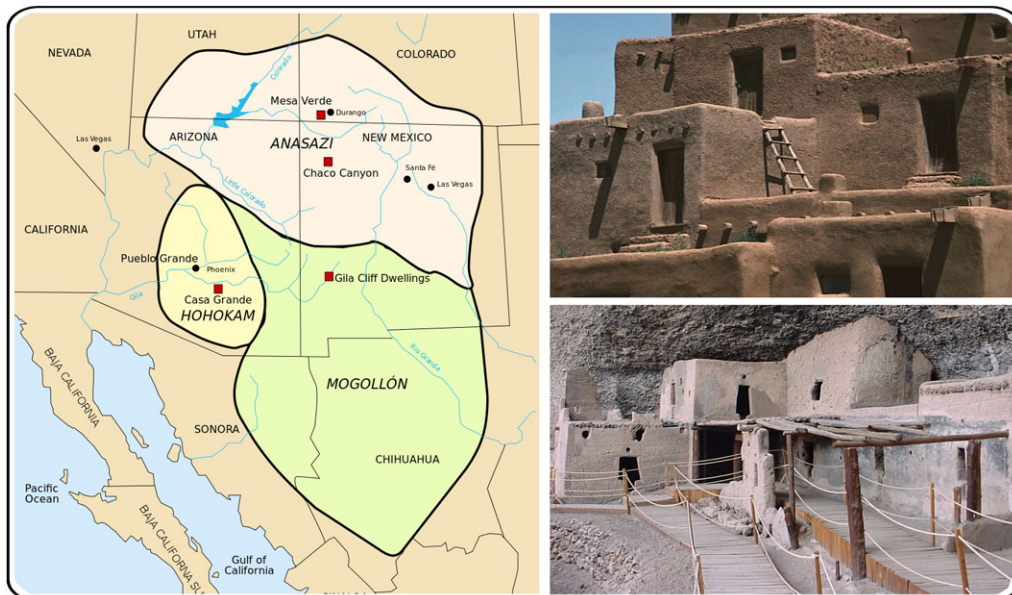


Fig. 14: Región de las culturas “Pueblo”. Taos, Nuevo México y Cuarenta Casas, Chihuahua.

El pueblo de Acoma, en Nuevo México, es uno de los ejemplos de ordenación urbanística de respuesta natural a las características del medio ambiente en mejor estado de conservación de las culturas “Pueblo”. Físicamente se le podría describir como una disposición planeada

desde su inicio hasta su forma de crecimiento, que tiene como factor principal las características del sol.

Las distinciones entre horizontal y vertical, interior y exterior, planta baja y niveles superiores, encuentran una correlación entre las actividades individuales, familiares y colectivas, y el movimiento solar. Es posible imaginar la actividad humana regida por el sol, momentos en los que estar al interior, a la derecha o a la izquierda de la terraza para seguir las sombras, o en la zona central para recibir los rayos solares, se vuelvan una rutina de vida y de trabajo directamente relacionada a los intervalos diarios y estacionales que afectan la cantidad de luz y calor.

La planta del pueblo muestra 3 hileras casi paralelas en un eje Este-Oeste que consiste de varios grupos de viviendas que entre ellas se separan por espacios que constituyen desde pasillos hasta plazoletas.

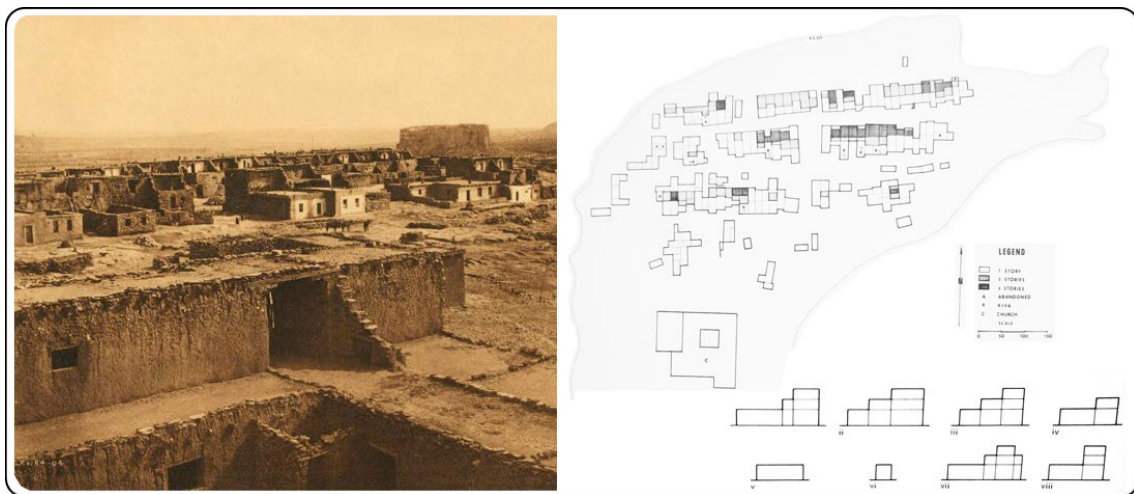


Fig. 15: Imagen aérea del Pueblo de Acoma e imágenes del estudio realizado por Knowles.

Estudios realizados por Ralph Knowles, concluyen que la arquitectura de las viviendas en Acoma, habían desarrollado un modelo basado en un sistema de eficiencia energética que tiende a igualar los perfiles energéticos internos en cuanto a la oscilación día-noche y verano-invierno, logrado a través de la interposición de los volúmenes y de las características de los materiales constructivos. Se ha encontrado que mientras las cubiertas tienen un coeficiente de transmisión térmica muy bajo, las fachadas orientadas a sur tienen un alto coeficiente de transmisión térmica y una alta capacidad de almacenamiento de calor.

La uniformidad de las plantas en cuanto al aterrazamiento orientado al sur, así como su crecimiento en el eje este-oeste, indican una clara relación a las características del movimiento solar. Estas características de relación en cuanto a la disposición del grupo arquitectónico con la trayectoria solar a lo largo del año, se sucede debido a la relación entre la altura de los edificios y la anchura de las calles que separan a los grupos de viviendas, que tienen como resultado un comportamiento térmico que responde a las condicionantes climáticas del entorno en el que se emplazaron.

El factor más importante de este tipo de disposición volumétrica es la relación entre el sol y la unidad tipo. Las terrazas orientadas a sur reciben la radiación directa del sol durante la mayor parte del año.

Durante el verano, la irradiación es prácticamente directa sobre las terrazas, mientras que en invierno la inclinación solar incide tanto en las terrazas como en la fachada sur, que debido a las perforaciones en esta orientación, permite el acceso de la luz solar al interior de las viviendas.

Las viviendas, de unos 6m de claro, sugieren un tipo de construcción modular y una conciencia colectiva en cuanto a la configuración del conjunto arquitectónico. Generalmente los niveles que forman las terrazas, crean una volumetría que da la cara a la orientación sur, lo cual es útil en los fríos inviernos y debido a la altura del sol en verano, la exposición de las terrazas se produce en casi cualquier orientación.

La planta baja, se utilizaba como almacén, espacio importante debido a las continuas temporadas de sequía. En la primera planta, que ocupaba una parte de la superficie de la planta baja, se ubicaban los dormitorios así como áreas de estancia. En la mayoría de casos en las que se alzaba una 2ª planta, se ubicaba la cocina, el comedor y la zona de secado de granos. Ésta también se retranqueaba para crear una terraza que ocupara una fracción de la planta 1ª.

Las terrazas se realizaban con una argamasa a base de la mezcla de adobe, paja y ramas que se apoyaban sobre vigas de madera, y se dividían por antepechos de entre 60cm y 1.20m, para por una parte, para ordenar el tipo de actividades en cada zona de la terraza y por otra, dar la mayor cantidad de sombra posible a 1ª y última hora, cuando el sol está en su punto más bajo.

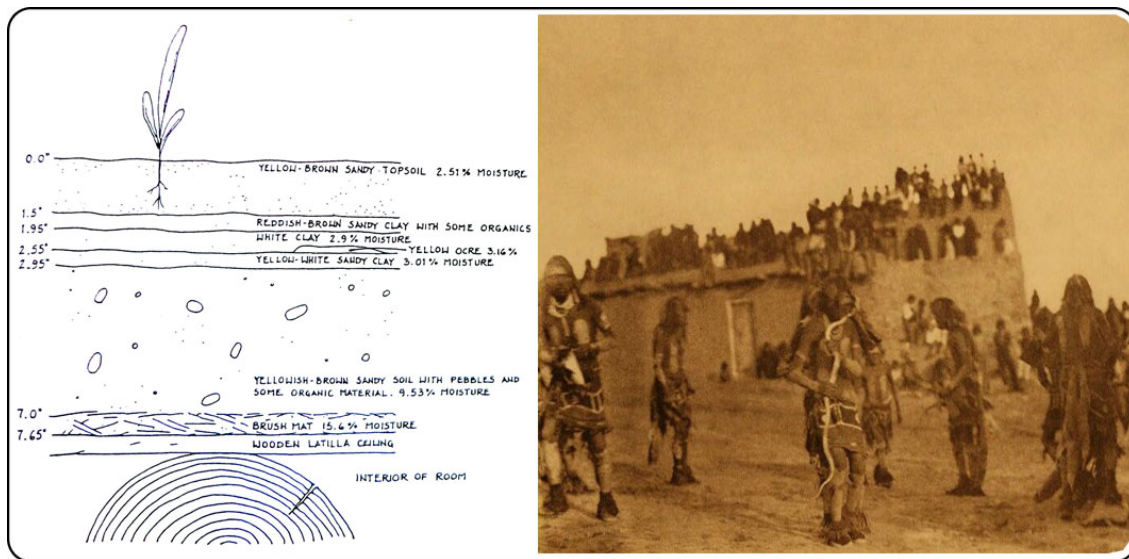


Fig. 16: Detalle constructivo de una cubierta tipo y uso de cubierta como grada.

Originalmente, todas las puertas y ventanas se abrían a la fachada sur y el acceso a la planta baja se hacía por escaleras interiores, lo que permitía, por una parte, la protección de los bienes almacenados y por otra, un acceso sencillo y privado por los miembros del grupo de viviendas.

Esta disposición arquitectónica, es un indicador que no deja dudas sobre la naturaleza comunitaria de las terrazas, así como de la conciencia colectiva en la estructura organizacional de los grupos denominados “Pueblo”.

5.3 La ciudad de Chihuahua

La ciudad de Chihuahua, además de formar parte de México, forma parte de Aridoamérica, que como se mencionó anteriormente, es un área geográfica que cuenta con ciertas características climáticas e históricas en común. Esto implica la coexistencia de varios modelos sociales y culturales, que se han visto reflejados en la manera de conformar un territorio que durante el tiempo ha conformado una identidad propia, única, pero con una serie de lazos; a veces intangibles, que la ligan a todos esos factores que han tenido alguna influencia sobre sus ciudadanos.

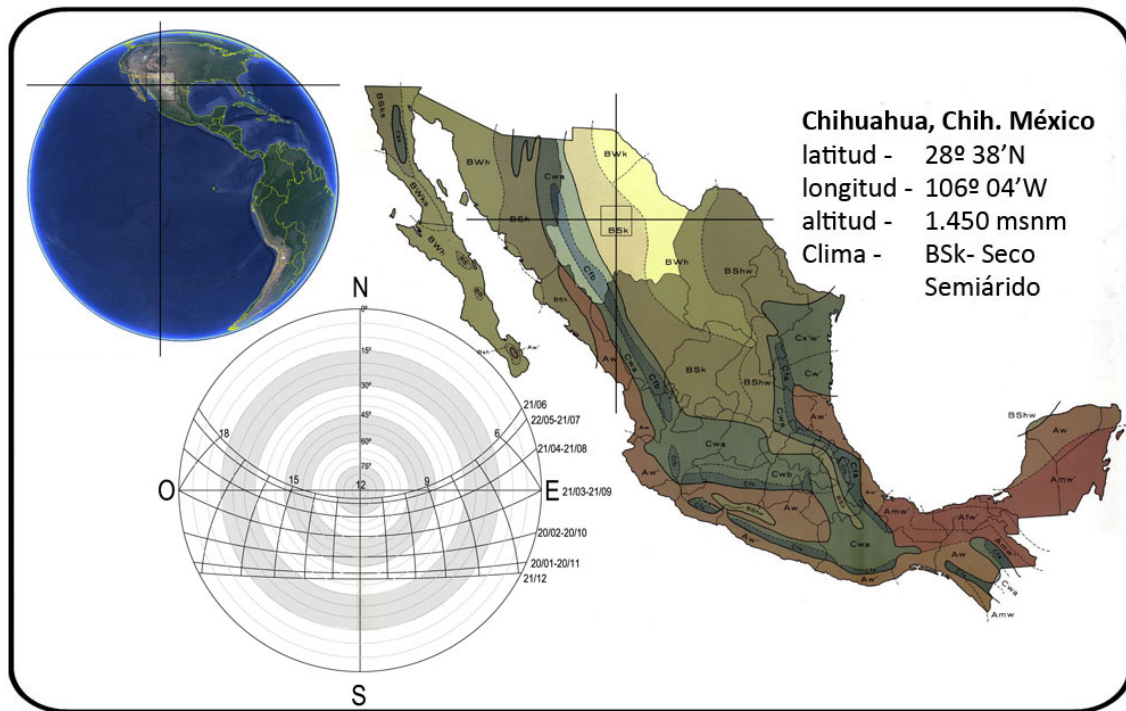
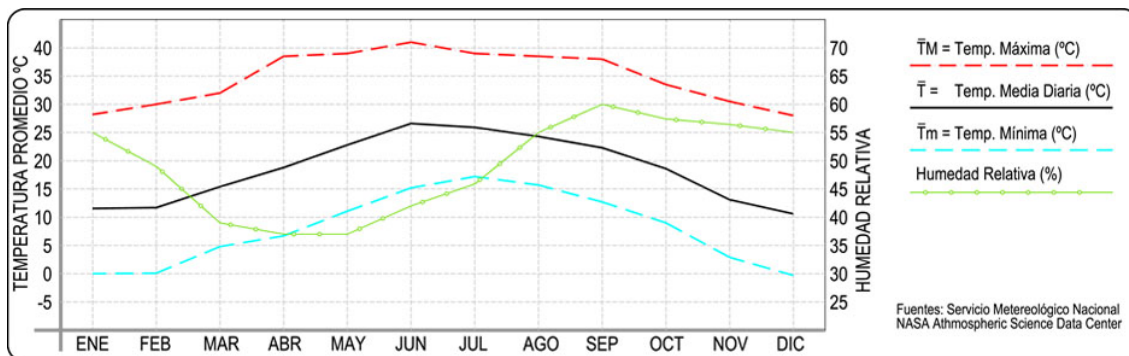


Fig. 17: Localización y carta solar estereográfica de la ciudad de Chihuahua.

La ciudad de Chihuahua, localizada en promedio a 28° 38' latitud norte y a una altitud de 1,450 metros sobre el nivel del mar, posee una temperatura promedio anual de 18.3°C que a lo largo del año resulta extremosa. Con una humedad relativa promedio del 50%, una precipitación anual de 381mm y alrededor de 300 días al año de sol podemos identificarla como una zona característica del clima seco semiárido.



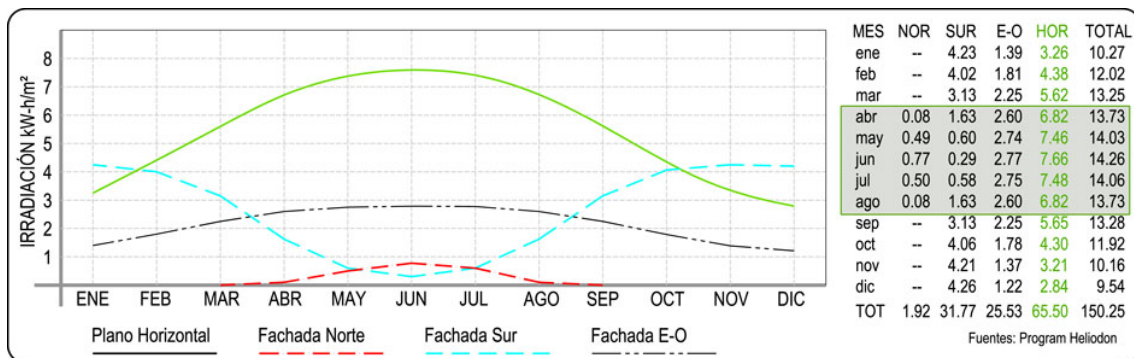
Gráfica 03: Temperaturas y humedad relativa promedio de la ciudad de Chihuahua.

Podemos identificar los climas estacionales de Chihuahua de la siguiente manera:

Invierno frío, pero de una oscilación térmica muy alta. La temperatura promedio es de 8,1°C generalmente descendiendo hasta los -8°C con la posibilidad de subir a 20°C. Nevadas cortas y corrientes de viento del noreste y suroeste.

El verano es caluroso y se extiende desde el mes de mayo hasta septiembre, con registro de precipitaciones en julio y agosto y con temperaturas diurnas que se pueden acercar a los 40°C. Las noches pueden descender a 20-25°C por lo que se mantiene una alta oscilación térmica.

Primavera y otoño relativamente secos y suaves. De periodos relativamente cortos generalmente entre marzo y abril, y entre octubre y noviembre, que se caracterizan por ser de temperaturas templadas por el día y frescas por la noche. La oscilación térmica se sitúa alrededor de los 15°C, por lo que es menos acentuada que en otros periodos.



Gráfica 04: Irradiación solar diaria promedio.

Una característica de estas latitudes, es la rapidez con la que el sol alcanza un ángulo de azimut superior a los 45° en verano. A partir de las 8:45h hasta las 15:15h la cubierta es el plano que recibe la mayor incidencia solar, además de que a las 12:00h, el sol alcanza su posición cenital a 85°S.

Este aspecto tiene una relación directa con la cantidad de energía irradiada sobre los planos, ya que entre los meses de abril y agosto, coincidiendo con los meses de temperaturas más elevadas, la cubierta recibe más radiación solar que las cuatro orientaciones juntas, convirtiendo este plano en el de mayor importancia en lo que se refiere a las estrategias de enfriamiento de edificios.

La interpretación de estos factores ha moldeado la ciudad actual, a veces con respuestas acertadas y a veces de manera contradictoria a la lógica climática y energética. El análisis arquitectónico aplicado a las características medioambientales indica que la serie de estrategias de diseño del clima seco semiárido deberían de responder a las cuestiones básicas de protección de la radiación solar, de incorporación de altos niveles de masa térmica, así como el enfriamiento evaporativo y radiante, a través de las siguientes estrategias de diseño:

- Orientación de los volúmenes arquitectónicos con respecto al movimiento solar.
- Volumetría compacta, aumento de la masa térmica y disminución de la radiación solar.
- Elementos de sombra (patios, voladizos, edificios contiguos).
- Calles estrechas que provean sombra y aumenten la velocidad del viento.
- Huecos pequeños y protegidos desde el exterior y del interior (celosías, persianas).
- Presencia de vegetación en las orientaciones estratégicas.
- Colores de alta reflectancia donde no interfieran con factores como la vista o el tráfico.
- Presencia de agua en movimiento para refrescar el aire caliente (fuentes, estanques).

Pero la ciudad de Chihuahua en los últimos 40 años ha apostado como gran parte de las ciudades del norte de México, por un modelo de desarrollo urbanístico diferente, que la alejan de las estrategias básicas de diseño. Actualmente, es la ciudad mexicana de entre 500,000 y 1,000,000 de habitantes con menor densidad poblacional, sin embargo es más densa que cualquiera de las poblaciones estadounidenses más importantes que conforman la zona común de las culturas “Pueblo” dentro de Aridoamérica.

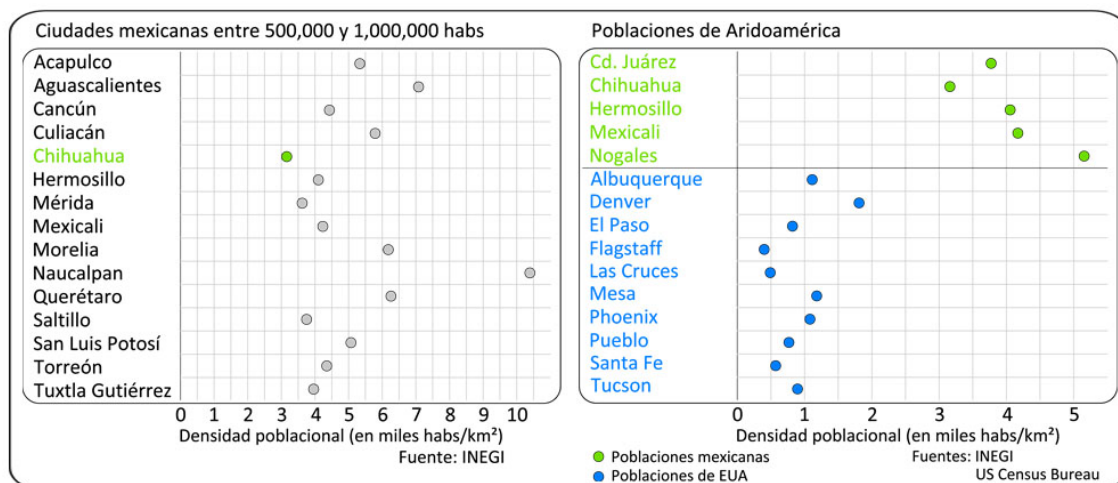


Tabla 10. Comparación de densidad poblacional para poblaciones mexicanas y de la zona “pueblo” de Aridoamérica.

Este dato es un indicativo entre otras cosas, que el modelo de planeación urbanística tradicional ha quedado olvidado tanto por la parte mexicana como por la estadounidense, en parte debido a la combinación del rápido aumento de la población y de la dependencia al confort ambiental a las energías no renovables.

Ante la degradación expansiva del entorno natural, urgen medidas de reordenación urbana para reducir la tasa de crecimiento territorial a favor de aumentar la densidad poblacional. Actualmente, se están llevando a cabo dos iniciativas para controlar el crecimiento de la mancha urbana; la primera mediante la regeneración del espacio urbano en la zona histórica de la ciudad, impulsando la reincorporación de la vivienda al centro y la segunda, mediante el control de las urbanizaciones o “fraccionamientos”, en cuanto al tipo de viviendas promovidas. Pasar del modelo de vivienda unifamiliar aislada, al de vivienda adosada o plurifamiliar, son los primeros pasos para lograr los objetivos que el ayuntamiento se ha marcado para el año 2040.

5.4 Conclusiones del Capítulo

Los avances tecnológicos y los cambios de idiosincrasia que han venido de la mano de la modernidad, nos han hecho apartar la mirada de las técnicas y conocimientos aprendidos del pasado, lo que ha significado no sólo un distanciamiento ante la interpretación arquitectónica de las leyes naturales y medioambientales, sino que también lo ha supuesto hacia las raíces de identidad, que nos ayudan a definirnos y comprendernos como un conjunto sociocultural.

No debemos olvidar las particularidades climáticas, históricas y culturales que hasta ahora han caracterizado a la arquitectura vernácula, ya que de lo anterior, se pueden adoptar conocimientos valiosos que aporten al diseño contemporáneo claves de adaptación al medio, de ahorro energético y de unión simbólica entre los aspectos representativos de un colectivo y de la tecnología universal.

6. CASO DE ESTUDIO: LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

6.1 Antecedentes: El INFONAVIT

A partir de 1938, México empezó a experimentar un crecimiento económico y un estado de bienestar sin precedentes, lo que tuvo como consecuencia, entre otras cosas, la concentración acelerada de población en grandes conglomerados urbanos cuya expansión territorial y demográfica ha sido impactante. La ciudad de Chihuahua contaba en 1960 con 150,000 habitantes, para 2010 había aumentado a más de 800,000 habitantes, lo que significa que en 50 años su población se multiplicó más de 5 veces, con las consecuencias inherentes de proporción de servicios y viviendas tanto por parte de las autoridades municipales como de la iniciativa privada. El desproporcionado aumento del valor del suelo ocasionó que los asentamientos populares se situaran en la periferia al margen de los beneficios de infraestructura con los que cuenta la ciudad.

«La preocupación de la problemática de la vivienda en México es un tema que a partir de los años 50's surge como demanda y se presenta específicamente en las ciudades» [9]. Sin embargo, no fue sino hasta los años 60's que se realizaron verdaderos esfuerzos para dar respuesta a esta cuestión, empezando por la modificación constitucional para determinar que el derecho a la vivienda es parte de las garantías individuales (Art. 5º) y no una obligación patronal como estaba establecido. Esta institucionalización puede confirmarse con la creación de instancias de carácter nacional para la producción de la vivienda, tales como: FOVI, INFONAVIT y FOVISSSTE, seguido por otras instituciones en la década de los 70's y 80's.

El INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) actualmente gestiona alrededor del 60% de los recursos para la construcción de vivienda nueva ó desarrollos, los cuales se agrupan en fraccionamientos o urbanizaciones con determinantes de proyecto diferentes, establecidos por la concentración de población.

La producción de vivienda en forma masiva y por etapas se intensifica entre el año 2001 y 2003, periodo en que predominan los fraccionamientos de más de 4,000 viviendas. Se caracterizan por ofrecer diferentes alternativas de vivienda para sectores de población media y baja, entre estas más del 50% es denominada como de “tipo económico” según el nuevo esquema de financiamiento o crédito del INFONAVIT.

6.2 Características de la Vivienda Tipo

El acelerado crecimiento demográfico de Chihuahua ha ocasionado que las políticas de desarrollo social no correspondan a las demandas y necesidades de la población. Los diversos institutos de promoción de vivienda de interés social en el país han tratado de establecer una serie de políticas y técnicas de producción a alta escala y de alta velocidad, en las cuales se intenta entregar un producto básico, que cumpla con las pautas mínimas de habitabilidad, con la condición de facilitar las vías de crédito para que los propietarios de las viviendas sean capaces de mejorar o ampliar sus características si así lo desean.

Además, la política de producción masiva desgraciadamente ha tenido un cambio progresivo en la calidad de la vivienda, debida a la calidad de los materiales, de la ejecución de la obra y del tamaño mínimo de los espacios. «El área construida de la vivienda mínima se ha visto reducida a partir del año 2,000 de 65m² a los 35m², con diversas modalidades» [10].



Fig.18. Render de promoción para las viviendas pareadas de interés social tipo.

Si bien la vivienda económica tiene como limitante que el espacio arquitectónico es reducido, la posibilidad de elegir entre diferentes prototipos de diseño y la inclusión de estos en urbanizaciones o “colonias” planeadas con área de equipamiento e infraestructura, incorporan una serie de particularidades que pueden con el tiempo convertirse en soluciones acertadas o conformar conglomerados conflictivos a largo plazo.

Entre los prototipos de diseño arquitectónico gestionados por INFONAVIT, se encuentra la propuesta de vivienda apareada de 33,28m² de superficie construida. Este tipo de vivienda comparte medianera a través de los espacios con instalaciones hidrosanitarias como lo son el baño y la cocina, facilitando y optimizando el proceso constructivo en este nivel. También cuentan con la característica de estar unidas por medio de la cubierta, lo que de alguna manera la convierte en la superficie plana de mayor tamaño del conjunto.

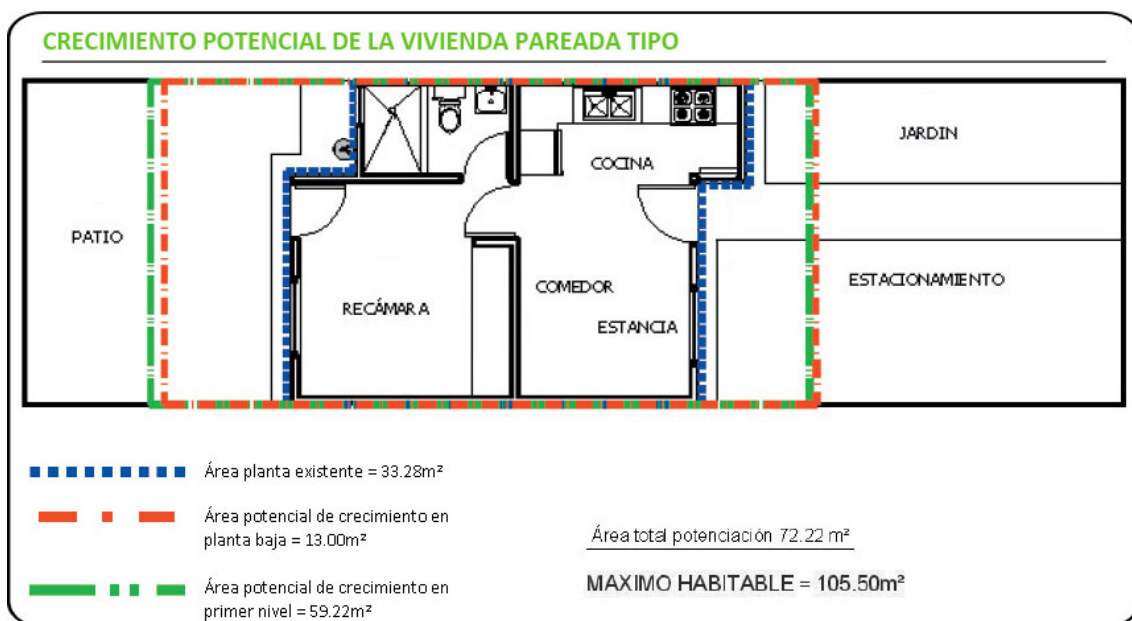


Fig.19. Prototipo de vivienda pareada y crecimiento potencial.

El INFONAVIT no se desempeña como órgano ejecutor de sus desarrollos urbanísticos, sino que funciona a través de diversas constructoras y promotoras inmobiliarias de carácter privado. Lo que si gestiona, es el control de calidad de las obras, para lo que tiene desarrollado una tipología de materiales y de métodos de ejecución de obra. Para el caso de las cubiertas, Flores Velasco identifica 3 sistemas constructivos utilizados en este tipo de viviendas.

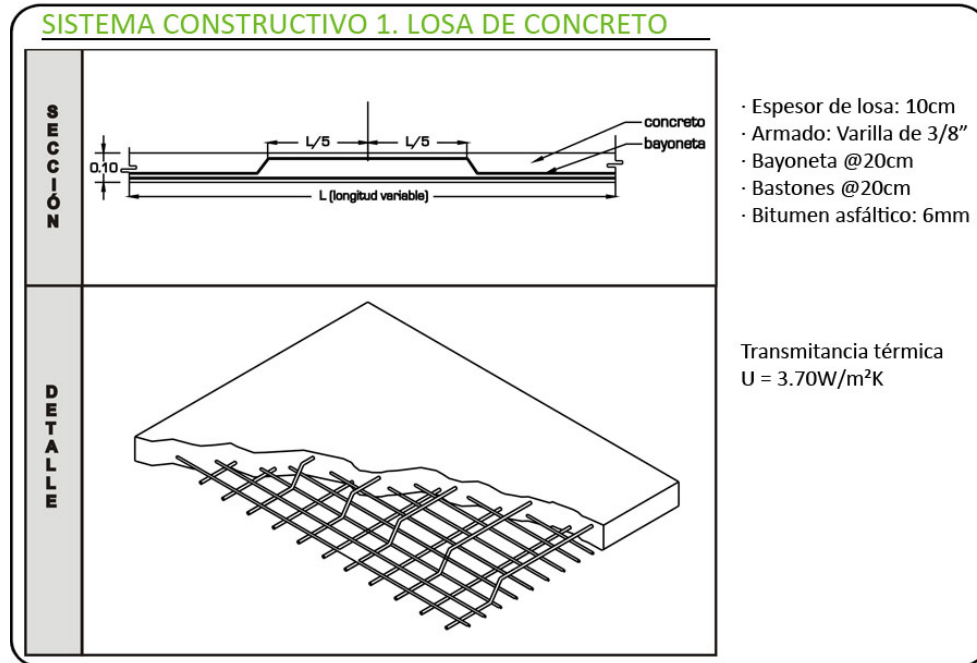


Fig.20. Sistema constructivo para la cubierta de la vivienda de interés social en México.

El sistema de losa de concreto se compone básicamente por un armado reticular de acero y colado de concreto premezclado.

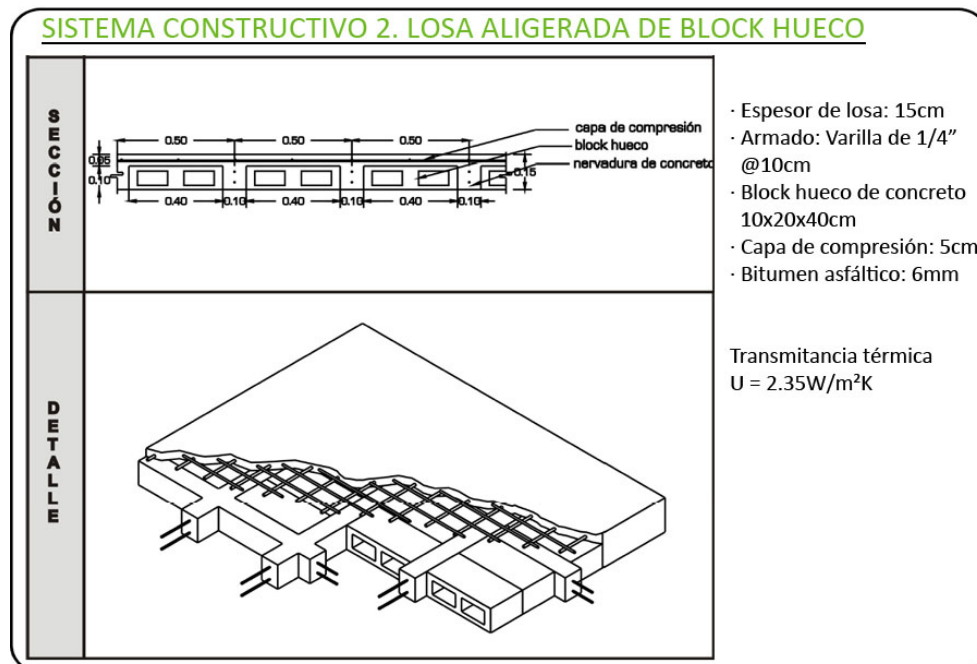


Fig.21. Sistema constructivo para la cubierta de la vivienda de interés social en México.

Las losas aligeradas constan de nervaduras de concreto armado, coladas en sitio en ambos sentidos, elementos aligerantes de block hueco y una capa de compresión de concreto.

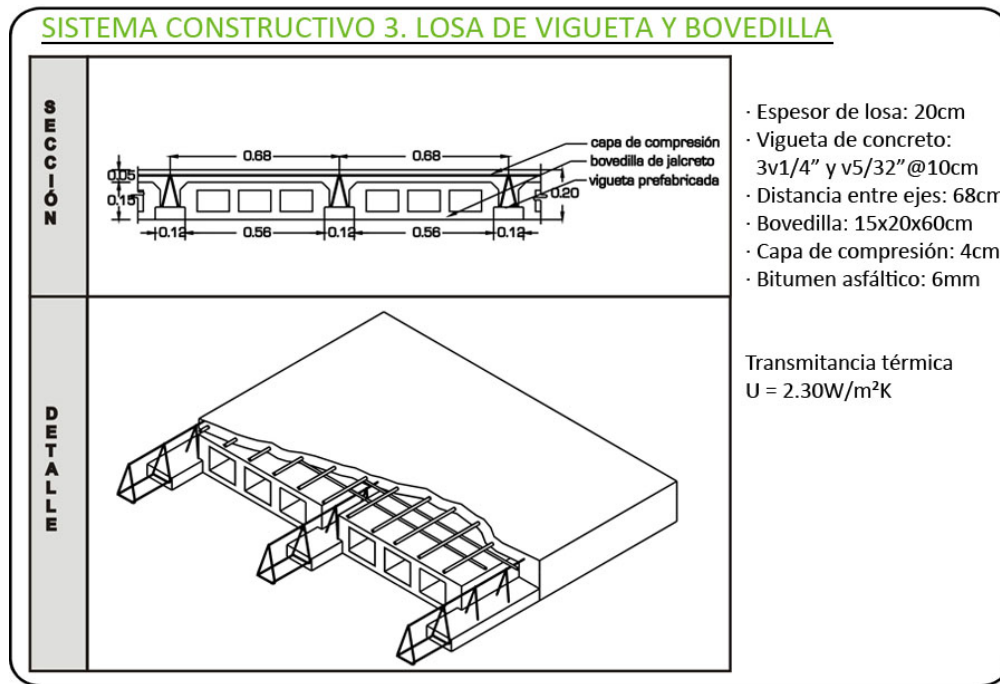


Fig.22. Sistema constructivo para la cubierta de la vivienda de interés social en México.

El sistema de viga y bóveda está constituido por los elementos portantes que son: viguetas de concreto armado prefabricado, bóvedas como elementos aligerantes y una capa de compresión de concreto.

Todos los sistemas están cubiertos por una capa extra de concreto para crear pendientes con espesor mínimo de 5cm, además de una serie de capas de materiales bituminosos de 6mm de grosor compuestos por:

- Impermeabilizante elastomérico con resinas acrílicas a base agua. 1.5mm
- Sistema monocapa. Membrana impermeable de asfalto modificado en rollo. 3mm
- Sellador. Recubrimiento acrílico base agua. 1.5mm.

Conductividad térmica del compuesto es alrededor de $0.198 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{K}$

La Transmitancia térmica U de cada sistema constructivo sería la siguiente:

Sistemas constructivos	Transmitancia
Losa de Concreto 10 cm	3.70 $\text{W/m}^2\text{K}$
Losa de Vigueta y Bovedilla 20cm	2.35 $\text{W/m}^2\text{K}$
Losa Aligerada de Block hueco	2.30 $\text{W/m}^2\text{K}$

Tabla 11. Transmitancia térmica de los sistemas constructivos de losa (Anexo 1).

Los niveles de transmitancia térmica de los 3 sistemas constructivos utilizados para la edificación de cubiertas de la vivienda de interés social en México son muy superiores a lo que establece por ejemplo el Código Técnico de la Edificación en España, que como se mencionaba anteriormente, establece sus límites máximos entre 0.46 y $0.65 \text{ W/m}^2\text{K}$, lo que sin duda tendrá consecuencias graves en el desempeño térmico de los espacios interiores, obligando a los usuarios a recurrir a las técnicas mecánicas de refrigeración en prácticamente todo el periodo estival.

6.3 La Colonia Palestina

En el año 2,000, en la periferia de la ciudad de Chihuahua, se inició la ejecución las obras para la urbanización de la “Colonia Palestina”, fraccionamiento de interés social desarrollado por iniciativa del INFONAVIT. En principio estaba destinado para acoger más de 5,000 viviendas, aunque «hasta el año 2012 habían un total de 3,050 viviendas edificadas, de las cuales se hallaban 2,206 habitadas» [11]; o lo que es lo mismo, un 32% estaban desocupadas.

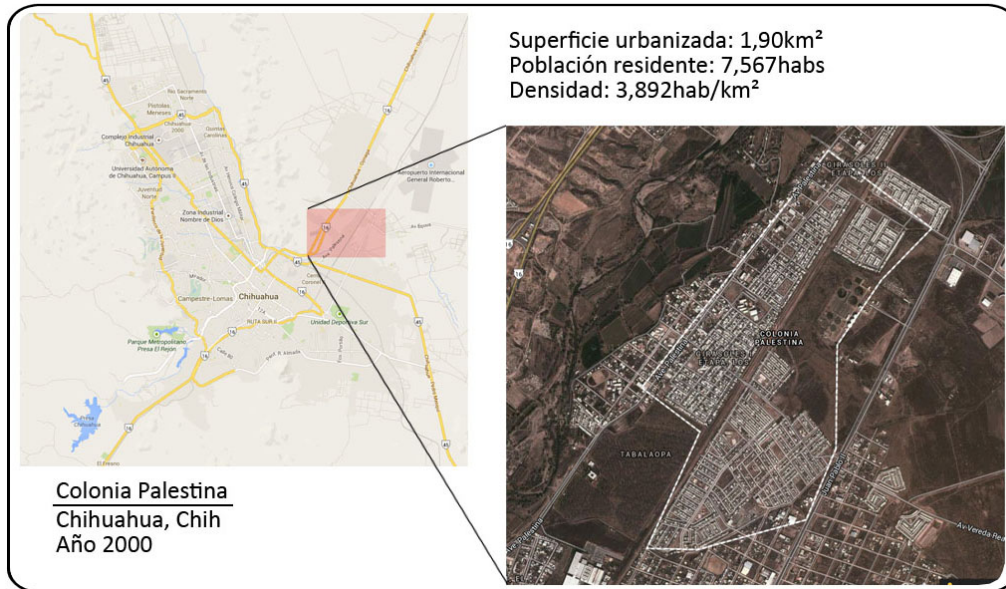


Fig.23. La Colonia Palestina está ubicada en la periferia de la Ciudad de Chihuahua.

El fraccionamiento, además del desarrollo habitacional, cuenta con algunos equipamientos. La disposición de las calles que forman un abanico de 15º, demuestran que la orientación no es un parámetro determinante de diseño. Las viviendas existentes son de varias tipologías, entre las que se encuentra la vivienda pareada de 33,28m² descrita con anterioridad. El promedio de ocupación es de 3.43hab/vivienda, lo que supone que las viviendas tipo no cumplen con las características de la familia promedio de la urbanización.



Fig.24. Colonia Palestina. La urbanización se transforma paulatinamente según la capacidad económica de los propietarios.

Como se mencionaba anteriormente la vivienda entregada cumple con unas dimensiones mínimas de ocupación; pero por otra parte, el INFONAVIT facilita diferentes tipos de créditos para que el propietario continúe con las obras de adecuación y de ampliación de la vivienda conforme sus posibilidades; condición que después de 14 años, es perceptible que sucede frecuentemente. También es permitida, aunque no regulada, la variedad de usos, por lo que no es extraño, que los propietarios adapten parte de la vivienda o de sus espacios exteriores, en pequeños talleres o comercios que les permitan mejorar sus condiciones económicas y probablemente, también incorporar al barrio un los servicios necesarios que no se encuentran en los alrededores.



Fig.25. Diferentes elementos y espacios se incorporan a las viviendas para mejorar las condiciones de uso de los usuarios.

Aunque cada vez existen más organismos reguladores de la construcción, aunados a una mayor serie de normativas y de procesos de control de calidad, la condición natural del ser humano de modificar su espacio vital, de personalizarlo y de conferirle una utilidad que logre adaptarse más a sus propios gustos y necesidades, sigue siendo una característica predominante y es un aspecto claramente identificable en el caso de la Colonia Palestina, así como en la gran mayoría de las promociones habitacionales de este tipo.

Bajo este espíritu, bajo este tipo de iniciativas casi instintivas y de bajo presupuesto, se intentará realizar un estudio de incorporación de actividades, elementos y sub-espacios que al conferirle una situación de habitabilidad a la cubierta de este tipo de viviendas, logre aportar a las condiciones de control térmico del ambiente modificado y por ende, al espacio interior que protegen estas superficies.

6.4 Conclusiones del Capítulo

Las políticas de construcción masiva de la vivienda social, se han visto traducidas en soluciones arquitectónicas que no pueden garantizar la calidad del espacio construido, ni un comportamiento óptimo ante las características energéticas del medio ambiente, teniendo como consecuencia por una parte, la dependencia de los recursos mecánicos de confort climático para conseguir su habitabilidad, y por otra, la necesidad de buscar espacios alternativos para desarrollar ciertas actividades inherentes a la vivienda.

La permisividad para ampliar las viviendas, conjuntar actividades y alterar el espacio privado, otorgan a los usuarios la posibilidad de mejorar su entorno sustancialmente. El éxito de estas modificaciones dependerá de la correcta interpretación tanto de las necesidades de uso, como de las características climáticas de cada región, traducida al lenguaje arquitectónico.

Ya que una de las expectativas a nivel institucional, es la autogestión de la ampliación y del uso de las viviendas, debería de ser fundamental en el diseño de las mismas, prever las necesidades básicas de uso y crecimiento, para crear las pautas de modificación del espacio, tomando en cuenta las características medioambientales y culturales de cada sitio en específico.

7. INCORPORACIÓN DE SITUACIONES DE HABITABILIDAD Y DE CONTROL TÉRMICO

7.1 Descripción del Análisis

Las actividades que se realizan en cubierta además de conferirle un valor al espacio, tienen un efecto térmico en el interior de los edificios por medio de las actividades generadas, los elementos introducidos y los espacios resultantes.

De acuerdo con los parámetros expuestos anteriormente, se planteará una serie de soluciones arquitectónicas hipotéticas basadas en actividades que recuperan la habitabilidad de las cubiertas de las viviendas de interés social, valorando su aspecto sociológico, además del efecto que estas soluciones pueden aportar al comportamiento energético del edificio.

También se propondrán un marco de posibilidades de crecimiento paulatino para las viviendas, tomando en cuenta los parámetros de ocupación antes mencionados, de manera que sea factible la visualización de la cubierta como un espacio habitable.

Debido a la innumerable cantidad de casos que se podrían suscitar, se recrearán 3 ejemplos sobre actividades, elementos y espacios que podrían resultar de acuerdo a situaciones que se adecúen al entorno físico y social, así como de acuerdo a las características de las viviendas.

7.2 Análisis de elementos de habitabilidad y control térmico

7.2.1 Actividad como aislante térmico de naturaleza temporal.

La cubierta como superficie de secado de granos.

Un sector de la población que suele habitar los desarrollos urbanísticos de interés social, es el que se desplaza del campo a la ciudad en busca de más oportunidades. Generalmente siguen ligados a las actividades de su lugar de origen, intentando colocar algún producto del campo en los mercados, o mediante la venta ambulante.

El secado de granos como el maíz, el trigo y el café, son actividades que en muchos casos se siguen realizando al aire libre, ocupando, patios, aceras o azoteas. El maíz es cosechado dos veces al año, la primera cosecha es entre mayo y agosto y la segunda; más corta, entre septiembre y noviembre. Debido a la rapidez con la que pueden aparecer hongos en el maíz, es importante que se proceda al secado tan pronto como se realice la cosecha y así disminuir el riesgo de que se estropee.



Fig.26. El secado de granos al natural es una práctica muy común en muchos sectores de la población.

Para lograr el secado al natural del maíz, los pasos a efectuar son los siguientes:

- Colocar el grano (la semilla) sobre el piso o una carpa grande temprano por la mañana, antes de que el suelo este muy caliente y pueda causarle daño.
- Esparcir o distribuir la semilla en la superficie, con un máximo de 10cm de espesor.
- Revolver el grano cada 30 minutos para evitar gradientes de humedad o sobrecalentamientos y así facilitar el secado.
- Cubrir o retirar la semilla de noche para evitar que recupere la humedad perdida.

«La temperatura ideal de secado de la semilla varía de 35 a 45°C. Mientras más alto es contenido inicial de humedad, más alta es la susceptibilidad de la semilla de ser dañada durante el secado. Por eso a la semilla de granos básicos con humedad entre 30 y 33% (Madurez fisiológica), se recomienda secarlas a temperaturas menores de 40°C. Cuando se baja la humedad a 20% o menos, las temperaturas de secado se pueden incrementar hasta un máximo de 45°C para lograr bajar la humedad de la semilla a 12-14%» [12].

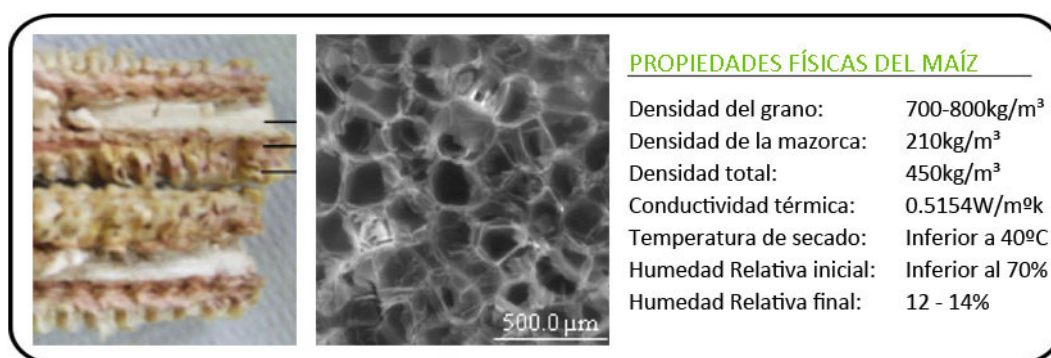


Fig.27. Macroestructura, microestructura del maíz y propiedades físicas.

Impacto en la transmitancia térmica.

Dado que la época del secado del maíz en su primera cosecha coincide con la época de más calor, es factible aplicar esta actividad como un aislante térmico improvisado. Colocando una capa de 10cm de maíz a secar sobre la cubierta de la vivienda entre los meses de mayo a julio, modificaría su sección constructiva y la transmitancia de la siguiente manera:

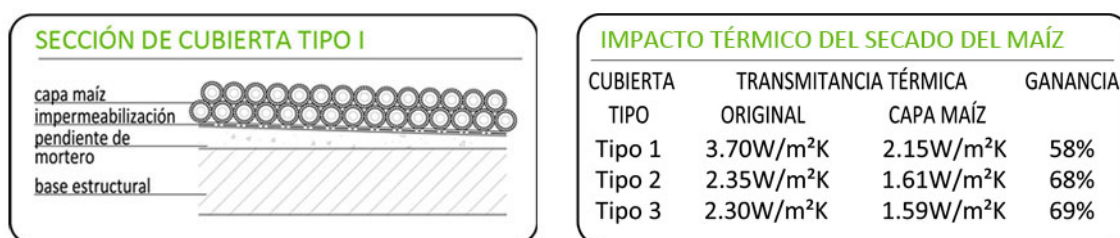


Fig.28. La transmitancia térmica de la cubierta con la capa de maíz mejora entre el 58% y el 68% (Anexo 2).

El constante cuidado del grano, así como su retirada nocturna para evitar la absorción de humedad implican que la cubierta deba de ser un lugar fácilmente accesible y seguro para realizar el tipo de maniobras necesarias. Como se mencionaba en el capítulo 2, los elementos arquitectónicos relacionados a la utilidad de la cubierta pueden ser tanto de accesibilidad, como de protección y de apoyo, lo que significa que para que esta actividad tenga más posibilidades de ser llevada a cabo, la vivienda deberá de incorporar al menos un elemento de accesibilidad como una escalera y un elemento de seguridad, como un bordillo perimetral, el elemento de apoyo en este caso, es el mismo material de trabajo, el grano.

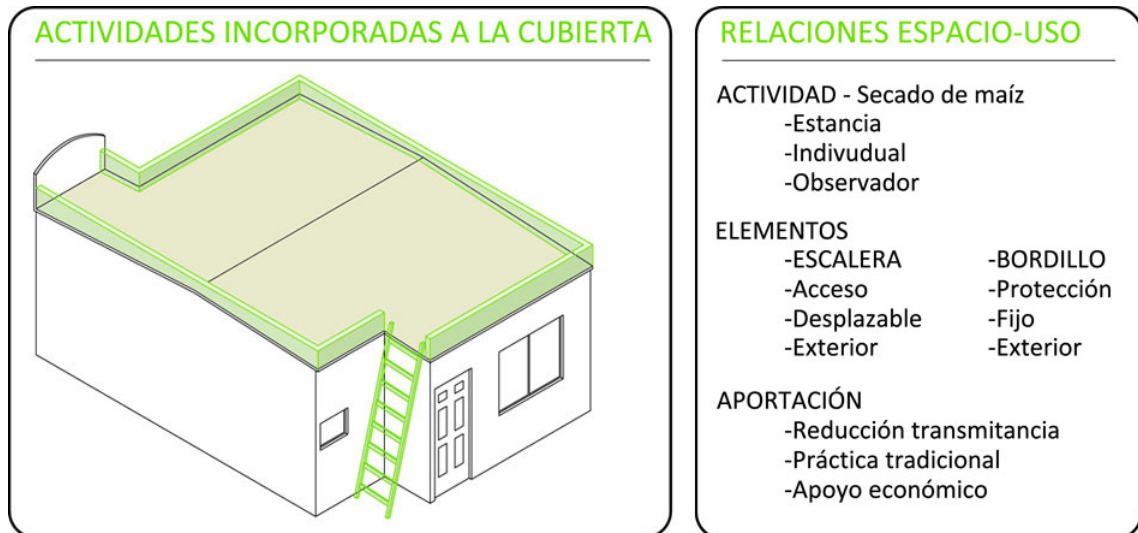


Fig.29. Elementos arquitectónicos que facilitan la condición de habitabilidad de la cubierta plana.

La incorporación de estos elementos no solo permitiría realizar las actividades de secado del grano con mayor facilidad, sino que también pueden ser un incentivo para planear, propiciar y controlar el futuro crecimiento de la vivienda. La escalera en un contexto temporal, puede ser un elemento portátil, aunque también podría adoptar un papel de permanencia para una futura construcción de la segunda planta, así como los bordillos (o pretilos) pueden servir de arranque a la estructura portante de la vivienda.

7.2.2 Elementos sombreadores y disminución de la incidencia solar.

La cubierta como superficie de convivencia.

La necesidad de convivir, de agruparnos e intercambiar experiencias, y buscar un espacio para realizar estas actividades a menudo, tiene como consecuencia la alteración del espacio arquitectónico para poderlas realizar de la mejor manera posible. En el caso de la vivienda de interés social, la cubierta ocupa mayor superficie abierta incluso que el patio, razón por la que podría ser un espacio que albergara actividades de grupo como fiestas, reuniones o simplemente para comer y disfrutar del exterior.



Fig.30. Toldo instalado para darle utilidad a la superficie de una cubierta.

Parte de las características de la vivienda de interés social, es su permisividad a la hora de alterar el espacio e inclusive su uso, por lo que las viviendas pueden ser transformadas en oficinas, comercios o negocios. No resulta extraño ver como estas viviendas se adaptan para hacer de fondas, restaurantes o cafeterías y así poder crear una fuente de ingresos extra a los que perciben actualmente.

La fuerte incidencia solar de la región, obliga a disponer de elementos sombreadores que tamicen la radiación directa, disminuyendo la temperatura ambiente. Dispositivos como sombrillas, toldos y pérgolas vegetales son comunes en los jardines y también lo podrían ser en las cubiertas de las viviendas de interés social. Además, debido al recorrido del sol en el periodo de verano, los dispositivos sombreadores horizontales resultan muy efectivos en estas latitudes, ya que en el solsticio de verano, el sol llega a alcanzar un ángulo de 88° al sur, en mediodía.

Impacto térmico por radiación solar

Colocando un toldo de la misma forma y superficie que la planta de la vivienda tipo, a 2.70m de altura, obtenemos una proyección de sombras para el 21 de junio de la siguiente manera:

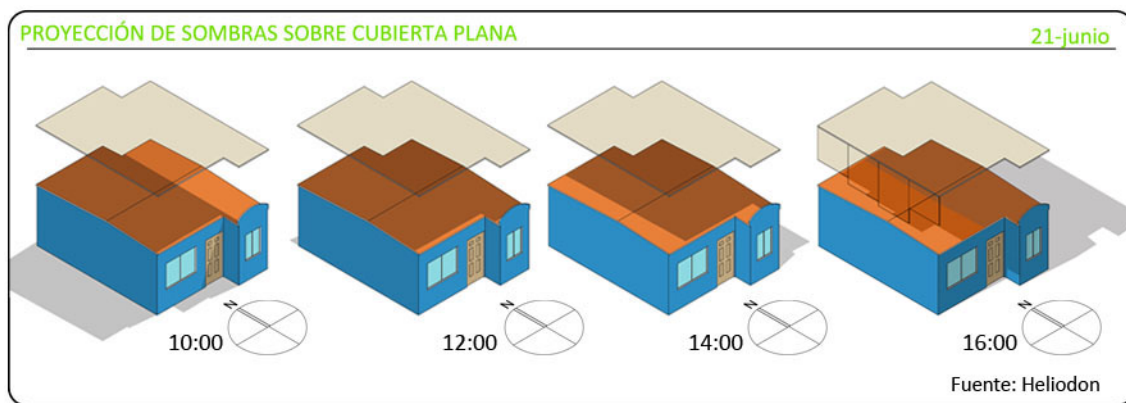
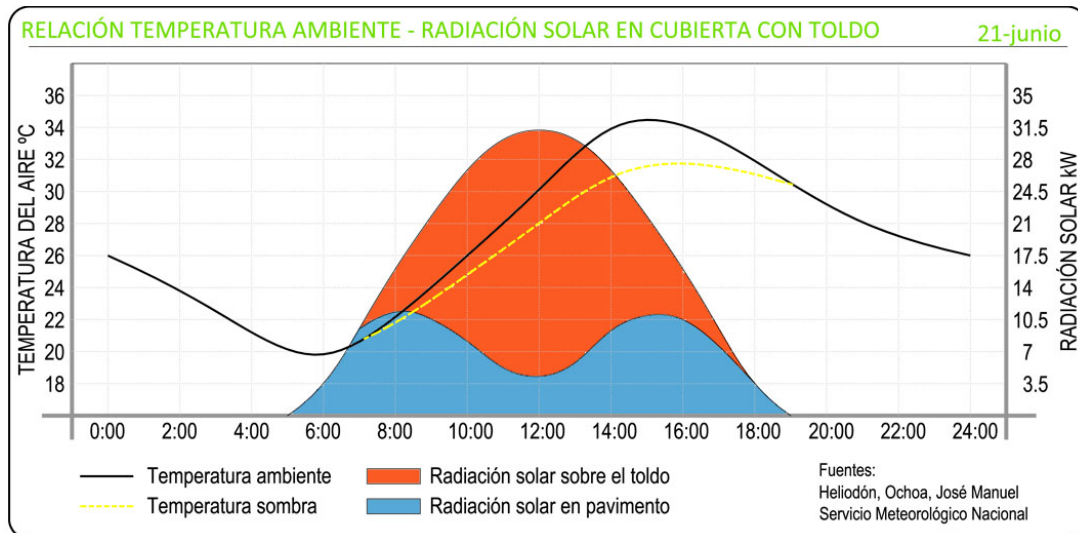


Fig.31. Toldo instalado para darle utilidad a la superficie de una cubierta.

Como muestran las imágenes, entre las 10 y las 16hrs, la sombra que proyecta el toldo sobre la cubierta, cubre gran parte de su superficie y lo más destacado es que a las 12hrs (hora solar), la cubierta recibe la sombra del toldo en casi su totalidad. A partir de las 16h, si es necesario, el toldo podría emplear algunos elementos horizontales de protección solar como persianas, arbustos o hasta el mismo pretil.

La aportación más importante en este caso, es la disminución de temperatura que la superficie de la cubierta experimentaría con respecto a una cubierta no protegida por el toldo. Mientras una superficie de las características de la cubierta de la vivienda de interés social puede llegar a los 60°C o más, la misma superficie bajo la sombra suele registrar una temperatura muy similar a la temperatura ambiente, incluso un par de grados por debajo de la misma, lo que significa que puede haber una disminución de hasta 25°C.

Además, «la proyección de sombras a partir de elementos vegetales como árboles, o pérgolas con plantas trepadoras es más eficiente en cuanto a la disminución de la temperatura ambiente, así como a la aportación de humedad debido a la evotranspiración; aún así, la utilización de umbráculos no vegetales como toldos y pantallas son capaces de reducir la temperatura del aire exterior entre 2 y 4°C» [13].



Gráfica 05. Un toldo puede bloquear hasta el 60% de la radiación solar diaria que incide sobre la cubierta.

Tras analizar los efectos que tiene un elemento sombreador sobre la cubierta, resulta más factible que ésta pueda ser ocupada para actividades del tipo estáticas como las de comer, reunirse, descansar o meditar entre otras, a las horas en que el termómetro marca mayores temperaturas. Aunque no coincidan en el tiempo la hora más cálida con la de mayor radiación solar, si hay una coincidencia horaria entre la disminución de la temperatura ambiente que el toldo es capaz de aportar y la hora de mayor temperatura en el día.

Los elementos aportadores de sombra como los toldos, son capaces de redefinir un espacio y de modificar su tipo de uso ya que aportan beneficios en el tema de confort térmico tanto al exterior como al interior, pero este tipo de soluciones, como la anteriormente expuesta, también necesitan de elementos de acceso y seguridad para garantizar su uso continuo, por lo que se reitera en su introducción o previsión dentro del diseño básico de la vivienda.

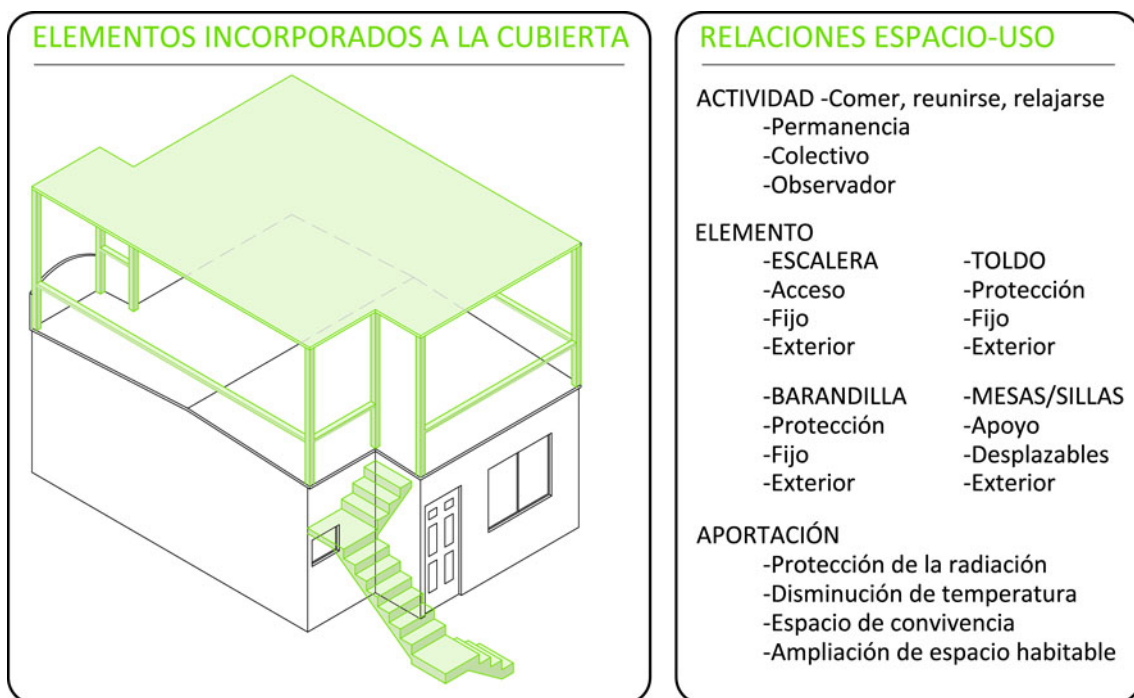


Fig.32. Incorporación de elementos arquitectónicos para habilitar la cubierta.

7.2.3 Espacios de identidad a partir de un generador de habitabilidad.

El agua como elemento generador de identidad.

El agua es símbolo de vida, y más aún en los ambientes cálidos–secos como en Chihuahua, en donde debido a su escasez, es un bien que no siempre se encuentra disponible para uso doméstico las 24 horas del día. El suministro de ésta varía dependiendo de la zona y del nivel adquisitivo, es por lo que un elemento típico de casi todos los hogares de la región, y probablemente de todo México es “el tinaco”.

El tinaco es un contenedor de agua que se instala en las cubiertas de los edificios para que en el horario en que es suministrada, se pueda llenar y contar con un suplemento para ser utilizado durante el periodo en que se suspende el abastecimiento de la misma. Su ubicación sobre las cubiertas y tejados, le permite distribuir el agua al interior de la vivienda por gravedad y no depender de bombas hidroneumáticas.

Por su presentación y ubicación, estos contenedores no reciben prácticamente ningún tipo de mantenimiento y en ocasiones son focos de diversas infecciones y enfermedades. La capacidad de los tinacos más comerciales varía entre 450L y 2,100L dependiendo de la cantidad de personas y de la actividad que se realiza en el edificio. En la vivienda de interés social se instala generalmente, el tinaco de 600L.

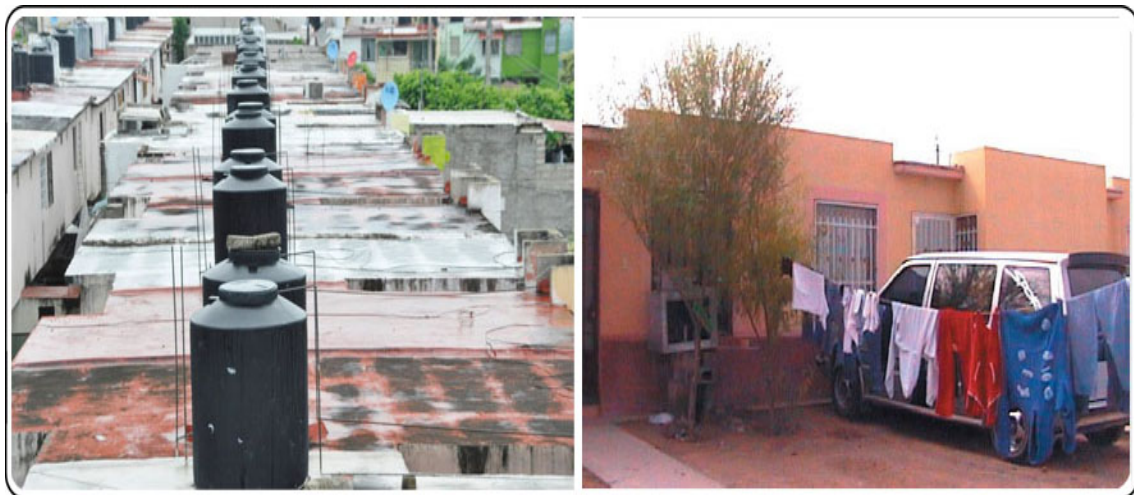


Fig.33. El tinaco como protagonista de la cubierta mientras se improvisan espacios para el secado de la ropa.

Ya que en la vivienda tipo, el espacio para lavar y secar la ropa es mínimo y en ocasiones deficiente, sus ocupantes suelen improvisar lavaderos o tendedores ya sea en el jardín o en la zona de acceso. La cubierta ofrece una superficie ideal para realizar estas tareas, solo necesita las adaptaciones pertinentes para tener un acceso adecuado, protegido y que la actividad tenga una correspondencia ya sea con la cubierta, con el interior de la vivienda, o de naturaleza mixta.

La aportación de algunos elementos arquitectónicos, ya sean de accesibilidad o de servicio, como la previsión de escaleras que den a la cubierta junto a la integración del tinaco y el lavadero al diseño original, puede ser una acción detonante que genere una serie de actividades de adecuación del espacio por parte de los propietarios de las viviendas, que además no signifique un considerable coste extra a la edificación actual pero sí pueda tener un valor subjetivo en cuanto al proceso de uso y relación del espacio exterior como una extensión de la vivienda misma.

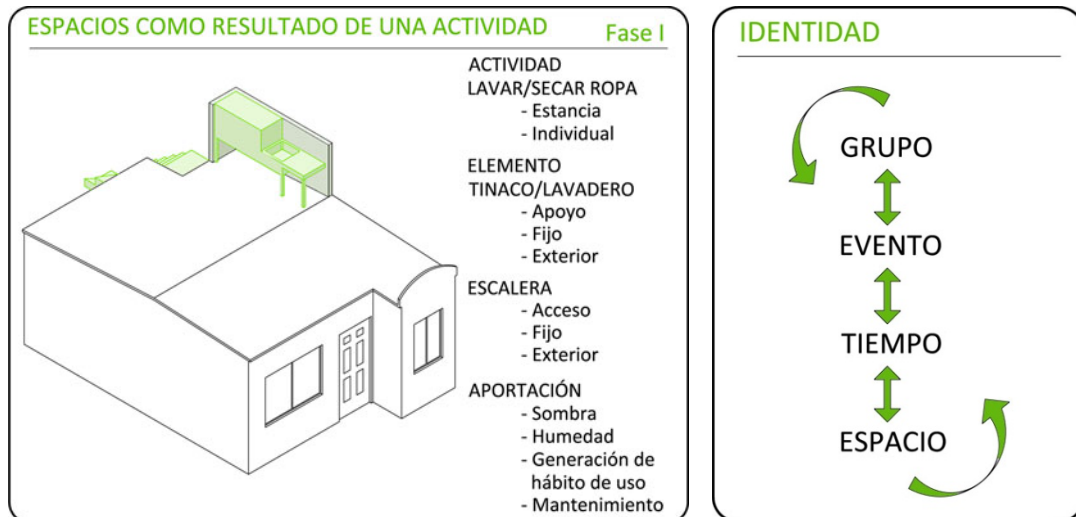
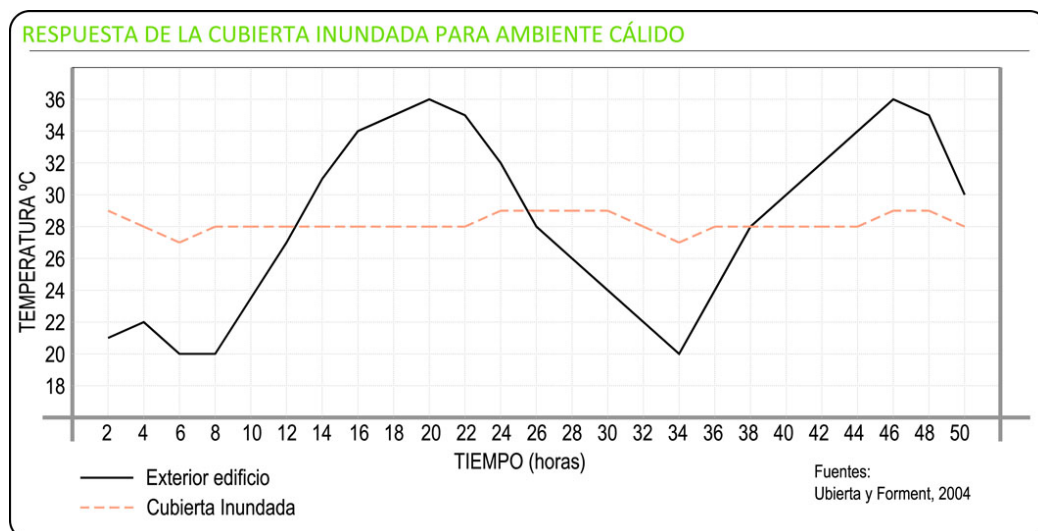


Fig.34. Introducción de elementos arquitectónicos para generar actividad y relación con la identidad.

La actividad de lavar y secar la ropa, además de realizarse casi a diario, también es un proceso que puede durar 1 o más horas. Si el lavado es a mano, exige una permanencia en el lugar que se complementa a la del secado, en la que la ropa puede durar tendida por un tiempo indeterminado. En el verano chihuahuense, 1 hora puede ser suficiente para que 5kg de ropa se sequen bajo el sol después de ser tendidas. Este proceso sin duda confiere a un hábito, una costumbre, la cual se identifica con el espacio utilizado.

Transferencia de calor

Experimentos realizados por Abad y Forment muestran que un pavimento de tipo asfáltico bajo una capa de agua de 10cm mantiene una temperatura constante de aproximadamente 26°C, cuando las condiciones exteriores llegaban a subir a alrededor de 38°C. En el caso de que la película de agua sea sólo superficial, al contacto inicial entre ésta y la superficie de contacto, la temperatura de esta última baja rápidamente provocando la evaporación del agua, volviendo a alcanzar su temperatura inicial en cuestión de minutos.



Gráfica 06. La cubierta inundada tiene la propiedad de mantener una temperatura constante.

Por otra parte, «la presencia de humedad en la superficie de la cubierta además de permitirle mantener sus propiedades elastoméricas, evitando agrietamientos derivados de las

altas temperaturas y la baja humedad relativa, también le ayuda a acelerar el proceso de pérdida de temperatura superficial debido a la transferencia de calor por convección» [14].

El cuerpo humano, al estar en contacto con el agua en épocas de verano, experimenta una pérdida de calor tanto por convección como por evaporación, por lo que la sensación de confort térmico es inmediata. La actividad de lavar y secar la ropa, como de regar las plantas, ayudan a las personas de manera inconsciente a regular su temperatura corporal.

La consecución de un espacio utilitario como el del lavadero, puede generar las relaciones de identidad asociadas a un ambiente y a una actividad en concreto. Esto implicaría que con el tiempo se llegue a establecer una rutina de uso para la cubierta y por lo tanto su respuesta a nivel sociológico sería la de otorgarle un valor y un reconocimiento al espacio útil. «Todo proceso de socialización implica aprender el uso social de tiempos y espacios» [15].

Si como se explica en el capítulo 2, el espacio adquiere el papel de ordenador de las prácticas culturales en un contexto temporal, entonces el tiempo es el marco ideal para evaluar el nivel de significado y eficiencia de las mismas. Resulta lógico y hasta necesario prever que a esta primera adaptación de la cubierta le siga una segunda fase de personalización, de mejora y de adaptación para el uso.

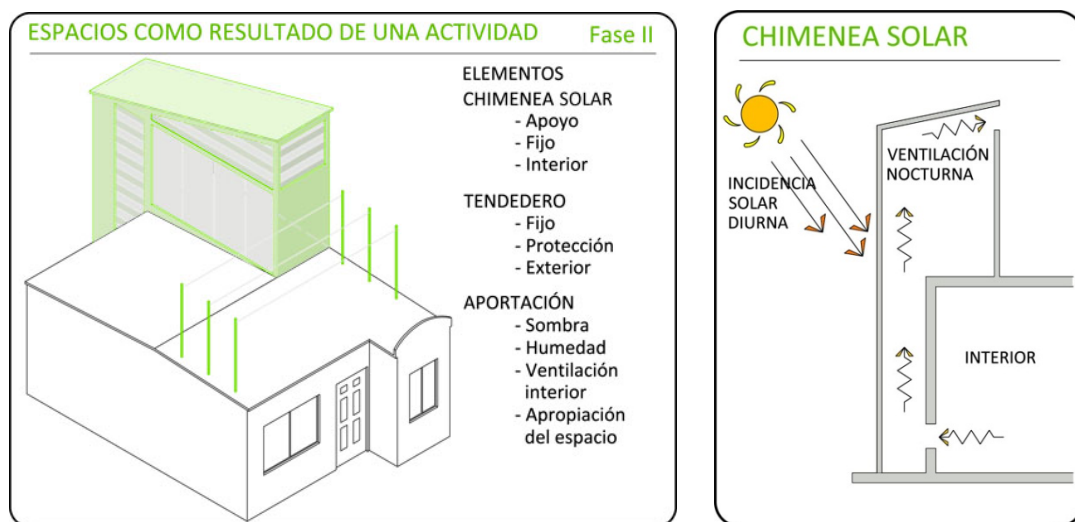
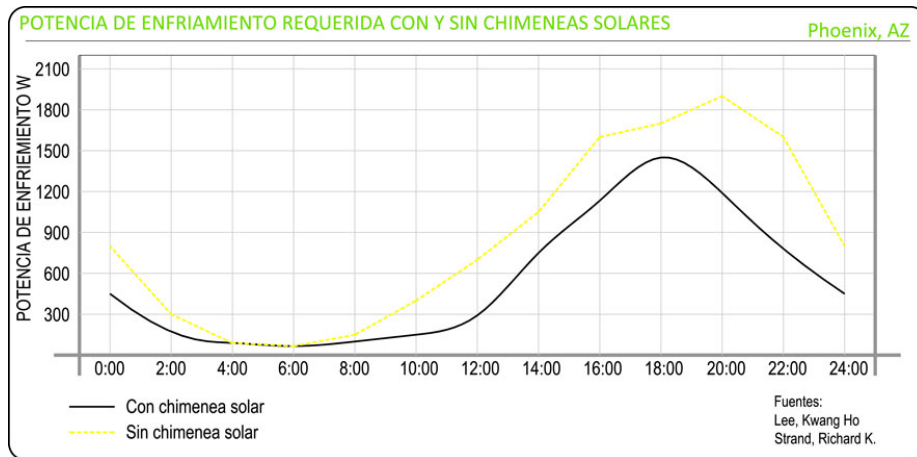


Fig.35. Evolución de un espacio de uso continuo y esquema de funcionamiento de chimenea solar.

Un proceso lógico de mejora de las condiciones de habitabilidad, podría resultar en cubrir tanto la zona de lavado de ropa como las escaleras de acceso, originando la posibilidad de constituir un elemento pasivo de control térmico como lo sería la chimenea solar. Es muy probable que entre el accionar de las puertas y ventanas se produzca por efecto Venturi un aumento de la velocidad del aire que ya solo por la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior se pueda generar el movimiento de la masa de aire.

Las chimeneas solares o de ventilación, han demostrado ser un buen sistema de ventilación natural nocturna, no solo porque despiden el aire caliente creando un efecto de tiro desde el interior de las viviendas hacia el exterior, sino también porque la diferencia de presión crea un aumento en la velocidad del aire. Lee y Strand concluyeron que utilizadas adecuadamente, las chimeneas solares podían obtener un ahorro energético de hasta un 18.9% en concepto de refrigeración por aire acondicionado.



Gráfica 07. Las chimeneas solares son más efectivas como medio de enfriamiento nocturno.

La simple adaptación del tinaco a la arquitectura de la vivienda, junto con los elementos de acceso adecuados, puede generar las relaciones de ocupación de la cubierta con las actividades de lavado y secado de ropa, riego y mantenimiento de plantas, así como otro tipo de actividades que pueden resultar de la implantación de las anteriores.

Por otra parte, una vez que se cuenta con los medios para utilizar el agua en la cubierta, que se establece un patrón de usos y se crean espacios de adaptación al uso, surge la posibilidad de personalizar el espacio, de convertirlo no solo en un sitio utilitario sino también de esparcimiento y que éste adquiera un significado de tipo personal, de adaptación al gusto. En este caso, nace la posibilidad de recrear el jardín urbano. La aportación de tiestos y macetas sobre la superficie de la cubierta es una manera sencilla y económica de tener un espacio verde al alcance de la mano.



Fig.36. La adaptación de un elemento utilitario puede derivar en un espacio de significado personal, o de grupo.

Haro Carbajal realizó un experimento de cubierta verde intensiva con flores ornamentales, en un clima seco subtropical, encontrando que se podía disminuir la temperatura del interior hasta en 5°C con respecto a una cubierta convencional, lo que le llevó a considerar como una nueva vía de estudio el comportamiento de cubiertas verdes intensivas a base de macetas, ya que tienen la ventaja de un mayor espesor de tierra, pero un menor contacto con la cubierta. La idea de la relación entre ornamentación de la cubierta a base de plantas en tiestos y la mejora del desempeño térmico de la misma, es posible.

En resumen, la utilización del agua como medio generador de actividades, elementos y espacios habitables en la cubierta de la vivienda de interés social tiene el potencial de actuar como sistema pasivo de enfriamiento de las siguientes maneras:

- Disminución de la radiación solar: Por medio del tendido de la ropa y de la presencia de vegetación.
- Aportación de humedad: Que en combinación de brisas de aire pueden reducir considerablemente la sensación térmica.
- Ventilación nocturna: La caja de escaleras puede hacer el papel de chimenea solar.

En cuanto a su aprovechamiento, la adaptación de la cubierta le permite tener la flexibilidad de ser tanto un espacio utilitario como de esparcimiento, ampliando su horario de ocupación, lo que le otorga un valor añadido en la escala del tiempo y significado para el grupo.

7.3 Conclusiones del Capítulo

Conjuntar actividades tradicionales al espacio arquitectónico, es una manera de reforzar los lazos de identidad de un determinado colectivo. La temporada de secado del grano de maíz, coincide con la época de mayor irradiancia en el plano horizontal, por lo que sin lugar a dudas, la práctica esta actividad sobre la cubierta, contribuirá a disminuir considerablemente la conducción de calor al interior.

Debido a la naturaleza humana de convivencia, de intercambio de ideas, es lógico que los espacios donde se realicen este tipo de actividades se adapten con el paso del tiempo de acuerdo a las condiciones climáticas y a las necesidades de cada grupo en específico. Una acción sencilla como la colocación de un elemento sombreador como el toldo, puede generar un espacio de convivencia que además tenga una repercusión en el desempeño energético de la cubierta.

La reinterpretación de un elemento típico de la vivienda como parte de las pautas de crecimiento futuro, genera una tendencia a la ocupación e identificación del espacio arquitectónico. La conjunción del tinaco y el lavadero crean un espacio utilitario que se identifica con una práctica cotidiana del hogar y su evolución culmina en un espacio habitable que da un servicio tanto al espacio exterior como al interior, convirtiendo a la cubierta en un área de valor práctico y simbólico.

La consolidación del espacio de modo intuitivo, como un proceso derivado de la necesidad, es muy probable que no tenga el rendimiento ni el comportamiento energético que el resultante a partir de la investigación científica; sin embargo, el mismo proceso de personalización, de respuesta directa a las necesidades del usuario, le pueden conferir además de un valor simbólico, probablemente también un cierto grado de efectividad de respuesta a las condiciones medioambientales. Es a través de repetidos procesos de prueba y error que se obtienen elementos y espacios que además de ser eficientes, llegan a convertirse en símbolos arquitectónicos de un grupo social determinado.

8. CONCLUSIONES

Después de realizar un análisis sociocultural y técnico de la habitabilidad en la cubierta plana, se logra obtener una serie de indicadores que en gran medida, sirven de referencia para contrastar las hipótesis iniciales y evaluar los objetivos que se trazaron al inicio del estudio. Las conclusiones a las que se han llegado se pueden resumir en los siguientes puntos:

8.1 La habitabilidad en la cubierta plana.

- La cubierta plana no es necesariamente la mejor solución constructiva en cuanto a lo que respecta a la ejecución y desempeño de la envolvente superior del edificio. Aunque es un elemento representativo tanto de la arquitectura vernácula en climas secos semiáridos, como del movimiento modernista, se deberá considerar su aplicación bajo las siguientes premisas:

- En caso que se deseen propiciar condiciones de habitabilidad. Aprovechando las ventajas que su posición con respecto al espacio urbano puede ofrecer, como la altura, privacidad, soleamiento o accesibilidad limitada a un grupo en concreto.
- Si se prevé un futuro crecimiento vertical del edificio. Debido a la facilidad y al ahorro que supondrá la continuación de las obras de ampliación.
- Si se puede garantizar el funcionamiento de sus aspectos fundamentales. Las condiciones de estanqueidad, de aislamiento térmico y de estabilidad estructural en conjunto, suelen requerir de un mayor mantenimiento en comparación a las cubiertas inclinadas o curvas.
- Si es imprescindible colocar algunas instalaciones generales del edificio sobre este plano. Ya que algunas normativas de seguridad exigen su ubicación en la cubierta.

- La habitabilidad de la cubierta tiene como requisito primordial la transitabilidad de la misma, por lo que la cubierta plana es la superficie ideal para que se puedan producir este tipo de situaciones. Sin embargo, la habitabilidad se puede producir bajo casos extraordinarios en otro tipo de cubiertas, lo que hará necesario recurrir a elementos de adaptación como:

- Elementos de accesibilidad. La aproximación a la cubierta debe de realizarse de manera cómoda y sencilla, de lo contrario el espacio se condena a sí mismo a no ser utilizado a favor de otros espacios que puedan sustituirla.
- Elementos de seguridad física y psicológica. Las características de su posición relativa, convierten a la cubierta en un espacio que puede suponer un riesgo a la integridad física de sus ocupantes, lo que suele conllevar una sensación psicológica de exposición o peligro.

8.2 Las relaciones entre tiempo, espacio, uso y significado.

- El carácter ambiguo de la cubierta, hace necesario que exista una cierta libertad de acción e interpretación para que ésta pueda ser ocupada. El éxito de su habitabilidad dependerá de factores como los siguientes:

- La lectura que el usuario (o un grupo determinado) realice sobre las posibilidades que este espacio representa con respecto a sus deseos y necesidades
- Las aptitudes y posibilidades de adaptación de la cubierta para contener las actividades que se desean realizar de manera satisfactoria.

· El uso y adaptación a las condiciones medioambientales del ámbito local. La exposición de la cubierta la convierte en una superficie menos controlable en relación al interior, por lo que se convierte en necesario conocer sus situaciones de habitabilidad.

- La continua realización de diversas actividades en la cubierta, conlleva una serie de implementaciones que la convierten en un espacio identificable, al que se le atribuye una relación directa con el significado de aquellas actividades.

- Las relaciones de espacio y uso a través del tiempo, conforman lazos de identidad entre un grupo determinado y el medio en el que se desenvuelve, a través de los eventos que se suceden. Las experiencias compartidas pueden dotar al espacio de una carga simbólica que lo convierta en un elemento representativo de la cultura local.

8.3 Habitabilidad y desempeño energético.

- Acondicionar la cubierta como un espacio habitable no solo ayudará a mejorar las prestaciones del espacio interior, sino que contribuirá al traslado de algunas actividades a este entorno en vez de realizarlas al interior, lo que disminuirá la dependencia al acondicionamiento climático por medios mecánicos.

- Aunque las actividades que se realizan en la cubierta pueden contribuir a generar una mejoría en las prestaciones climáticas del espacio interior, el diseño arquitectónico que se basa en las estrategias de climatización pasiva tenderá a ser más eficiente, por lo que la habitabilidad de la cubierta en cuanto a su relación con el ahorro energético, deberá verse como un recurso de apoyo al diseño arquitectónico más que como una solución de eficiencia energética.

- Sin embargo, no todas las actividades y transformaciones de la cubierta tienen una influencia positiva en el medio ambiente y en el comportamiento global del edificio. Cuando las alteraciones del espacio responden a deseos que no están relacionados con la utilidad de la misma, o que no tienen en cuenta los factores climáticos, sociales o culturales del entorno, estas actuaciones pueden ser contraproducentes tanto en el aspecto energético como de utilidad.

- Por lo tanto resulta imprescindible adquirir una conciencia de los mecanismos arquitectónicos de respuesta natural a las características del medio ambiente.

- La arquitectura vernácula contiene una serie de conocimientos que debemos de reaprender y de reinterpretar para poderlos incorporar al diseño contemporáneo, de manera que puedan actuar en conjunción con las nuevas tecnologías para aportar claves de adaptación al medio, de ahorro energético y de unión simbólica entre los aspectos representativos del grupo social y del momento actual.

8.4 Confirmación de hipótesis.

- El conjunto de conclusiones anteriormente expuestas ayudan a confirmar las hipótesis iniciales aunque es necesario hacer hincapié en que para que las actividades que se realizan sobre la cubierta contribuyan a la mejora de las condiciones climáticas del interior del edificio, no pueden ser de índole generalista, sino que han de responder tanto a las características medioambientales de cada entorno, así como a las necesidades de cada grupo en específico.

- Por otra parte, queda demostrada la vigencia de la utilidad de la cubierta, así como la evidencia del potencial simbólico que este tipo de espacios puede representar tanto para el

individuo como para un colectivo determinado y que su potencial, queda directamente vinculado a la correcta lectura e interpretación arquitectónica de la combinación de los factores socioculturales y energéticos.

8.5 Cumplimiento de objetivos

- Pese a las limitaciones del estudio, sobre todo debido al alcance teórico que una tesina de máster puede tener, se considera que los objetivos se han cumplido satisfactoriamente, tanto en la implantación de las bases de estudio para la posterior investigación doctoral, como en la comprensión de las condiciones climáticas del clima seco semiárido.

- Entre las futuras líneas de investigación a continuar podemos identificar dos posibles ramas de acción:

- La relación entre espacio, tiempo e identidad. La arquitectura a través del tiempo se ha utilizado como un elemento simbólico tanto de identidad cultural como de poder económico, político y religioso, entre otros. En el ámbito de la energía y el medio ambiente existe una gran variedad de elementos y espacios arquitectónicos que contribuyen a definir aspectos históricos y de identidad cultural dentro de un grupo determinado.

- Profundizar en la investigación de los sistemas pasivos de control térmico. Ya sea por medio de estrategias como la protección solar directa, o el enfriamiento por ventilación, o por medio de materiales aislantes alternativos como los hechos a base de maíz u otros materiales naturales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 Bibliografía

1. Abad, Marc; Forment, José María (2004). "Cubiertas ecológicas para edificios". *Ambient*. Vol. 1, núm. 24, pág. 81-84.
2. Aguado, José Carlos; Portal, Ana María (1991). "Tiempo, espacio e identidad social". *Alteridades*. Vol. 1, núm. 2, pág. 31-41.
3. Andrés Álvarez, Fernando de (2007). "CTE-HE: ahorro de energía: aplicación a edificios de uso residencial vivienda-DAV". Madrid: Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España. ISBN CTE 8493405175.
4. Barragán, J.I. (1994). "100 años de vivienda en México. Historia de la vivienda en una óptica económica y social". Monterrey: Urbis Internacional. ISBN 9686975020.
5. Cook, Jeffery, "Climate", en Oliver, Paul (1997). "Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World". Cambridge: Cambridge University Press, págs. 127-139. ISBN 9780521564229.
6. Crocker, Edward E. (2002). "Tejados de tierra – La arquitectura de los indios Pueblo en el sudoeste americano". *Detail*. Revista de arquitectura y detalles constructivos. núm 1, pág. 6-9.
7. Cusidó Fàbregas, Joan Antoni; Mitjà, Albert. (1991). "La refrigeració natural dels edificis". En *Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Indústria i Energia. Institut Català d'Energia. ISBN 8439317611
8. Fernández Madrid, Joaquín. (1997). "La cubierta plana". *Tectónica. Monografías de arquitectura, tecnología y construcción*. Septiembre-diciembre 1997, pág. 12-27.
9. Flores Velasco, Ixchel Yadira (2010). "Emisiones de dióxido de carbono por los sistemas constructivos de cubiertas de vivienda de interés social". Universidad de Colima.
10. Givoni, Baruch (1969). "Man, Climate and Architecture". New York: Elsevier Publishing Company. ISBN 9780444200396.
11. Givoni, Baruch (1998). "Climate Considerations in Building and Urban Design". New York: Van Nostrand Reinhold. ISBN 0442009917
12. Graus, Ramón (2005). "La Cubierta plana, un paseo por su historia". Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
13. Haro Carbajal, María Teresa (2009). "Comportamiento de dos tipos de cubiertas vegetales como dispositivo de climatización". Universidad de Colima.
14. Instituto Municipal de Planeación IMPLAN (2013). "Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Chihuahua: visión 2040". Ayuntamiento de Chihuahua.
15. Knowles, Ralph L. (1974). "Energy and Form. An ecological Approach to Urban Growth". Cambridge: The MIT Press. ISBN 9780262110501.
16. López de Asiain, Jaime (2001). "Arquitectura, ciudad, medioambiente". Madrid: Consejería de Obras Públicas y Transportes. ISBN 8447206580
17. Martínez, Andrés (2005). "Habitar la cubierta = Dwelling on the roof". Barcelona: Editorial Gustavo Gili. ISBN 8425219892.
18. Ochoa de la Torre, José Manuel (2009). "Ciudad, vegetación e impacto climático: el confort en los espacios urbanos". Vilafranca del Penedés: Erasmus. ISBN 9788493697235.
19. Olgyay, Victor (2002). "Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas". Barcelona: Editorial Gustavo Gili. ISBN 8425214882.
20. Peña Barrera, Leticia (2007). "Evaluación de las condiciones de habitabilidad de la vivienda económica en Ciudad Juárez, Chih.". Colima: Universidad de Colima.
21. Paricio Ignacio (2000). "La Construcción de la Arquitectura. 2 Los Elementos". 2000. Zaragoza: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. Itec. ISBN 9788478532933.
22. Serra Florensa, Rafael; Coch Roura, Helena (1995). "Arquitectura y energía natural". Barcelona: Edicions UPC. ISBN 8476535058.

9.2 Bibliografía Electrónica

1. Holtz, Michael; Wayne, Place; Kammerud, Ronald (Jan 1979). "A classification scheme for the common passive and hybrid heating and cooling systems". Berkeley Lab Publication System. en: <https://publications.lbl.gov/islandora/object/ir%3A107437>. [Consulta: 03 julio 2014].
2. INEGI, "México en cifras. Información Nacional por entidad federativa y municipios." Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/>.
3. Lee, Kwan Ho; Strand, Richard (June 2009). "Enhancement of natural ventilation in buildings using a thermal chimney". Energy and Buildings. Vol. 41, núm. 6, pág. 615-621. Disponible en: www.sciencedirect.com. [Consulta: 24 julio 2014].
4. Oke, T. R. (Mar 1998) "Street design and urban Canopy Layer Climate" Energy and Buildings Vol. 11, núm. 1-3, pág. 103-113. Disponible en: www.sciencedirect.com. [Consulta: 17 julio 2014].
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas" [Consulta: 17 julio 2014]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x5058s/x5058S03.htm>
6. Paiva, Anabela; Pereira, Sandra (Feb. 2012). "A contribution to the thermal insulation performance characterization of corn cob particleboards". Energy and Buildings. Vol. 45, núm. 2, pág. 274-279. Disponible en: www.sciencedirect.com. [Consulta: 24 julio 2014].

9.3 Citas Bibliográficas

1. Paricio Ignacio (2000). "La Construcción de la Arquitectura. 2 Los Elementos". p. 98.
2. INEGI, "México en cifras. Información Nacional por entidad federativa y municipios." [Consulta: 18 noviembre 2013].
3. Fernández Madrid, Joaquín. (1997). "La cubierta plana". p. 17.
4. Martínez, Andrés (2005). "Habitar la cubierta = Dwelling on the roof". p. 8.
5. Paricio Ignacio (2000). "La Construcción de la Arquitectura. 2 Los Elementos". p. 81.
6. Martínez, Andrés (2005). "Habitar la cubierta = Dwelling on the roof". p. 22.
7. Aguado, José Carlos; Portal, Ana María (1991). "Tiempo, espacio e identidad social". p. 37.
8. Ochoa de la Torre, José Manuel (2009). "Ciudad, vegetación e impacto climático". p. 34.
9. Barragán, J.I. (1994). "100 años de vivienda en México. Historia de la vivienda en una óptica económica y social". Pág. 17.
10. Peña Barrera, Leticia (2007). "Evaluación de las condiciones de habitabilidad de la vivienda económica en Ciudad Juárez, Chih.". p. 10.
11. INEGI, "México en cifras. Información Nacional por entidad federativa y municipios." [Consulta: 10 julio 2014].
12. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas" [Consulta: 14 julio 2014].
13. Ochoa de la Torre, José Manuel (2009). "Ciudad, vegetación e impacto climático". p. 104.
14. Fernández Madrid, Joaquín. (1997). "La cubierta plana". p. 26.
15. Aguado, José Carlos; Portal, Ana María (1991). "Tiempo, espacio e identidad social". p. 39.

9.4 Índice de Gráficas

- 01 Givoni, Baruch en: "Arquitectura y energía natural". Serra, R; Coch, H. p. 195.
- 02 Ochoa de la Torre, José Manuel. p. 104.
- 03-04 Luis Roberto Chacón.
- 05 Luis Roberto Chacón, José Manuel Ochoa de la Torre [Correlación de datos].
- 06 Abad, Marc; Forment, José María p. 84.
- 07 Lee, Kwan Ho; Strand, Richard p. 620.

9.5 Índice de Tablas

- 01-07 Luis Roberto Chacón.
- 08 José Manuel Ochoa de la Torre.
- 09 Oke, T.R.
- 10-11 Luis Roberto Chacón.

9.6 Índice de Figuras

- Portada. Zona Sudeste de la Cd de Chihuahua. Luis Roberto Chacón (2013).
- 1-2 Luis Roberto Chacón.
- 3 Instituto Municipal de Planeación IMPLAN.
- 4 <http://www.in-venice.it/guida-di-venezia/curiosita/le-altane> [Consulta: 16 junio 2014].
- 5 <http://mypalacewalk.blogspot.com.es/p/maharajah-curly-toes.htm> [Consulta: 12 mayo 2014]
- 6 Yoshio Komatsu (2003). "Built By Hand". p. 290.
- 7 <http://hicarquitectura.com/2014/01/genis-plassa-amalgama/> [Consulta: 31 julio 2014].
- 8-12 Luis Roberto Chacón.
- 13 <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/> [Consulta: 12 marzo 2014].
- 14 <http://www.ancientworlds.net/aw/Post/901512> [Consulta: 22 junio 2014].
- 15 www.firstpeople.us [Consulta: 10 junio 2014] | Ralph Knowles p. 28.
- 16 Detail magazine p. 9. | www.firstpeople.us [Consulta: 10 junio 2014].
- 17 Luis Roberto Chacón con Heliodón | <http://bookofmormonresources.blogspot.com.es/>.
- 18 <http://www.grupomiradio.mx/portal/?p=93559> [Consulta: 23 junio 2014].
- 19 Leticia Peña Barrera
- 20-22 Ixchel Flores Velasco | Datos: Luis Roberto Chacón.
- 23 Luis Roberto Chacón con Google Earth.
- 24-26 Luis Roberto Chacón.
- 27 Anabela Paiva, Sandra Pereira | Datos FAO.org
- 28-30 Luis Roberto Chacón.
- 31 Luis Roberto chacón con Heliodón
- 32-36 Luis Roberto Chacón

10. ANEXOS

ANEXO 1 (Cap. 6.2)

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LOSAS TIPO VIVIENDA INFONAVIT

Losa Tipo 1

Losa de concreto

Material	Espesor	Conductividad Térmica (λ)
Capa impermeabilizante asfáltica	0,006 m	0,20 W/m ² K
Mortero para pendiente	0,05 m	1,30 W/m ² K
Losa de hormigón armado	0,10 m	1,60 W/m ² K
Resistencia Térmica - $R=e/\lambda$		
Capa impermeabilizante asfáltica		0,0300 m ² K/W
Mortero para pendiente		0,0385 m ² K/W
Losa de hormigón armado		0,0625 m ² K/W
Rsi		0,10 m ² K/W
Rse		0,04 m ² K/W
Transmitancia Térmica - $U=1/Rt$		
		3,7001 W/m ² K

Losa Tipo 2

Losa aligerada de block hueco

Material	Espesor	Conductividad Térmica (λ)
Capa impermeabilizante asfáltica	0,006 m	0,20 W/m ² K
Mortero para pendiente	0,05 m	1,30 W/m ² K
Capa de compresión	0,05 m	1,60 W/m ² K
Bloque hueco	0,10 m	0,45 W/m ² K
Losa de hormigón armado	0,10 m	1,60 W/m ² K
Resistencia Térmica - $R=e/\lambda$		
Capa impermeabilizante asfáltica		0,0300 m ² K/W
Mortero para pendiente		0,0385 m ² K/W
Capa de compresión		0,0313 m ² K/W
Bloque hueco	78 %	0,2205 m ² K/W
Losa de hormigón armado	22 %	0,0625 m ² K/W
Rsi		0,10 m ² K/W
Rse		0,04 m ² K/W
Transmitancia Térmica - $U=1/Rt$		
		2,3504 W/m ² K

Losa Tipo 3

Losa de vigueta y bovedilla

Material	Espesor	Conductividad Térmica (λ)
Capa impermeabilizante asfáltica	0,006 m	0,20 W/m ² K
Mortero para pendiente	0,05 m	1,30 W/m ² K
Capa de compresión	0,05 m	1,60 W/m ² K
Vigueta	0,15 m	1,60 W/m ² K
Bovedilla	0,15 m	0,69 W/m ² K
Resistencia Térmica - $R=e/\lambda$		
Capa impermeabilizante asfáltica		0,0300 m ² K/W
Mortero para pendiente		0,0385 m ² K/W
Capa de compresión		0,0313 m ² K/W
Vigueta	18 %	0,0938 m ² K/W
Bovedilla	82 %	0,2174 m ² K/W
	Rsi	0,10 m ² K/W
	Rse	0,04 m ² K/W
Transmitancia Térmica - $U=1/Rt$		
		2,3003 W/m ² K

ANEXO 2 (Cap. 7.2.1)

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LOSAS TIPO + CAPA DE MAÍZ

Transmitancia Térmica - $U=1/R_t$			
Losa Tipo 1	3,7001	W/m²K	
Losa Tipo 2	2,3504	W/m²K	
Losa Tipo 3	2,3003	W/m²K	
Material	Espesor	Conductividad Térmica (λ)	
Maíz	0,10 m	0,5154 W/mºK	
		Resistencia Térmica - $R=e/\lambda$	
		0,1940 m²K/W	
		Transmitancia Térmica - $U=1/R_t$	
Losa Tipo 1		2,1538	W/m²K
Losa Tipo 2		1,6143	W/m²K
Losa Tipo 3		1,5905	W/m²K